

Л. Я. Ауэрман

ТЕХНОЛОГИЯ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Л.Я. Ауэрман

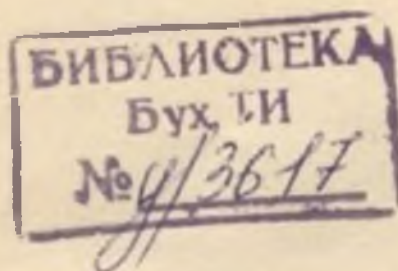
664, 61

А 93

ТЕХНОЛОГИЯ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ИЗДАНИЕ ВОСЬМОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебника для студентов вузов, обучающихся по специальности «Технология хлебопекарного, макаронного и кондитерского производства»



МОСКВА
«ЛЕГКАЯ И ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»
1984

ББК 36.83
А93
ЗДК 664.61 (11) (075)

Ауэрман Л. Я.
А93 Технология хлебопекарного производства. — 8-е изд., перераб. и доп. М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. — 416 с.

В книге изложены научные основы технологии хлебопекарного производства, рассмотрены свойства основного сырья, технологические процессы на отдельных стадиях производства и хранения хлеба, анализированы потери и пути их сокращения, также вопросы организации хранения и реализации хлеба, пути улучшения качества хлеба, выпечки хлеба и хлебных изделий и вопросы их пищевой ценности и питания.

По сравнению с предыдущим изданием книги в значительной степени обновлены сведения о современном состоянии представлений о процессах хлебопечения, сведения о новых видах сырья, перспективных способах приготовления теста, методах дальнейшего совершенствования качества и пищевой ценности хлеба, увеличения его муки и др.

Для студентов технологических вузов пищевой промышленности.

А 2903660000-035
044(01)-84 35-84

ББК 36.83
6П82

Рецензенты: кафедра технологии хлебопечения и макаронного производства КВТИИ (проф. д-р техн. наук Н. М. Родтер) и канд. техн. наук В. А. Панин (ВТИИХИ).

© Издательство «Легкая и пищевая промышленность», 1984.

Предисловие

При подготовке настоящего издания автор исходил из того, что в учебнике должны быть изложены научные основы и сущность отдельных процессов и операций, из которых складывается технологический процесс производства хлеба; при этом должны быть обобщены достижения отечественной и зарубежной науки и передовой производственный опыт в этой области.

Чисто практические вопросы, связанные с разными видами и многими сотнями отдельных сортов хлеба и хлебных изделий, изложены в соответствующих сборниках рецептов, технологических инструкций, ГОСТов, и справочнике по технологии производства и других практических руководствах.

Учитывая автор и наличие в учебных планах специальных учебных курсов и учебников по технологическому оборудованию и проектированию хлебопекарных предприятий.

В подготовке инженеров-технологов в вузах пищевой промышленности все возрастающую роль играет участие студентов экспериментально-исследовательских учебных и научных работ. Эти работы не только выполняются в студенческих научных кружках, но и становятся одним из важных элементов учебного процесса на профилирующих технологических кафедрах. Это обуславливает необходимость самостоятельного углубленного изучения студентами литературных первоисточников по отдельным вопросам технологии хлебопекарного производства.

Необходимость в этом систематически возникает и у инженеров — выпускников вузов пищевой промышленности, работающих на производстве, а также в работе факультетов повышения квалификации инженерно-технических работников и преподавателей вузов и техникумов.

В учебнике нет возможности приводить все литературные источники по данной специальности. В связи с этим очень важно, чтобы на профилирующих подготовку и выпуск технологических кафедрах вузов пищевой промышленности.

ленности систематически велись перечни литературы по профилю кафедры. Эти перечни должны охватывать монографическую литературу и статьи, публикуемые в соответствующих журналах и сборниках как отечественных, так и зарубежных. Литературные источники в перечнях должны классифицироваться по отдельным разделам и вопросам учебного курса, а по важнейшим из них целесообразно составлять краткие аннотации и указания на существенно новое в научном или практическом отношении. При этом должны использоваться и автоматизированные системы информации, например система «Кристалл» ЦНИИТЭИпищепрома.

Весьма целесообразно наличие при профилирующих кафедрах и специальной библиотек монографической литературы и периодических изданий.

Автор приносит благодарность всем товарищам, оказавшим ему помощь своими критическими замечаниями по рукописи данного издания учебника.

Глава I

Краткий обзор развития и задачи хлебопекарной промышленности СССР

Употребление человеком в пищу зерна хлебных злаков и продуктов его переработки (каши из цельных и измельченных зерен, а затем и пресных лепешек из них) началось по меньшей мере 15 тысячелетий тому назад.

Примерно 6 тысяч лет тому назад человек научился выпекать лепешки и другие виды хлебных изделий из теста, разрыхленного брожением, которое вызывается попадающими в тесто (с измельченным зерном и из воздуха) бродильными микроорганизмами — дрожжами и молочнокислыми бактериями.

ОБЗОР РАЗВИТИЯ ХЛЕБОПЕЧЕНИЯ В СССР

В дореволюционной России промышленное производство хлеба осуществлялось в основном в мелких кустарных немеханизированных пекарнях, которых насчитывалось около 140 тысяч.

В хлебопечении многих городов России почти до начала нынешнего века сохранились еще остатки ремесленного уклада и ремесленных цехов эпохи феодализма. Начиная со второй половины прошлого века в русском хлебопечении стали зарождаться капиталистические производственные отношения, началась концентрация производства, возник ряд крупных производственно-торговых хлебопекарных фирм. Однако хлебопечение дореволюционной России в основной его массе оставалось раздробленным, мелким и технически отсталым. Крупные, частично механизированные предприятия, оборудованные в основном импортными машинами и печами, насчитывались буквально единицами.

В первые годы после Великой Октябрьской социалистической революции (до 1920 г.) была проведена национализация хлебопекарных предприятий и производство хлеба было сосредоточено в более крупных и относительно лучших пекарнях.

В период восстановления народного хозяйства (1921—1925 гг.) национализированные пекарни были переданы в систему потребительской кооперации, которая начала борьбу за улучшение состояния хлебопекарного производства, его механизацию и вытеснение из него частного капитала.

По данным статистики ЦК профсоюза лицевиков, к 1925 г. было хлебопекарных предприятий: государственных 3,5%, кооперативных

38,7% и частных 57,8%. На государственных и кооперативных предприятиях из общего числа рабочих было занято 79,2%, а на частных только 20,8%.

В марте 1925 г. Совет Труда и Обороня принял решение о механизации хлебопечения, строительстве хлебозаводов и создании машиностроительной базы для производства отечественного хлебопечного оборудования.

Коммунистическая партия и Советское правительство в последующие годы индустриализации страны уделяли большое внимание делу создания в СССР современного механизированного хлебопечения. Пленум ЦК ВКП(б) 30 октября 1931 г. поставил задачу механизации хлебопечения во всех крупных городах и промышленных центрах. В результате претворения в жизнь этих решений с 1925 по 1935 г. хлебопечение в крупных городах и промышленных центрах было механизировано.

Если в 1925 г. лишь 3,6% хлеба вырабатывалось на хлебозаводах, а остальные 96,4% — в кустарных пекарнях, то в 1935 г. на хлебозаводах вырабатывалось 58%, в механизированных пекарнях 16,8%, а в кустарных пекарнях всего 25,2% от общего количества промышленно производимого хлеба. В числе выстроенных хлебозаводов были десятки крупнейших предприятий, некоторые из которых снабжали хлебом более полумиллиона населения каждый.

Еще в 1927 г. С. М. Киров после осмотра первого крупного хлебозавода, построенного в Ленинграде (ныне хлебозавод им. А. Е. Бадаева), заявил делегатам районной партийной конференции: «Кто хочет видеть кусочек социализма — пусть идет на хлебозавод». Максим Горький, работавший пекарем в дореволюционных пекарнях Нижнего Новгорода и Казани, побывав в 1929 г. на том же хлебозаводе в Ленинграде. После осмотра хлебозавода Максим Горький так записал в книге посетителей свои впечатления: «Этот завод — самое изумительное из всего того, что я видел в Ленинграде. Ничто иное не говорит так красочно о революции быта... И если сейчас труд все еще тяжел, то пример хлебозавода показывает нам, каким легким он может быть...».

Достижением этих лет было и то, что хлебозаводы строились по проектам советских инженеров, советскими рабочими и впервые оборудовались машинными и печами, изготовленными на советских машиностроительных заводах.

Советский инженер-конструктор Г. П. Марсаков и эти же годы создал первые в мире хлебозаводы, работающие по принципу жесткого кольцевого конвейера.

В конце 1935 г. хлебопекарная промышленность городов и промышленных центров была передана из системы потребительской кооперации в ведение Народного Комиссариата пищевой промышленности СССР.

В системе пищевой промышленности с 1935 г. по 1941 г. хлебопекарная промышленность продолжала расти благодаря строительству новых хлебозаводов и механизации лучших кустарных пекарен.

К началу 1941 г. на хлебозаводах и в механизированных пекарнях вырабатывалось 77% от общего количества выпекаемого хлеба.

Хлебозаводы, строившиеся в 1935—1941 гг., оснащались все более совершенными видами отечественного хлебопекарного оборудования (конвейерными печами, тестопрigотовительными и тесторазделочными машинами и т. п.).

В годы Великой Отечественной войны (1941—1945 гг.) в районах, временно захваченных фашистскими оккупантами, хлебозаводы были разрушены почти полностью. Из строя была выведена значительная часть производственной базы хлебопекарной промышленности.

К восстановлению разрушенных хлебопекарных предприятий приступали сразу, по мере освобождения отдельных районов страны от оккупации. Одновременно велось строительство ряда новых хлебозаводов и механизированных пекарен в городах и новых промышленных центрах в восточных и центральных районах страны. В результате этого уже к концу 1947 г. производственная мощность хлебопекарных предприятий была на 17% больше по сравнению с началом 1941 г.

В последующие годы строительство хлебозаводов и более мелких механизированных хлебопекарных предприятий непрерывно продолжалось.

По количеству предприятий, объему и значимости продукции и уровню механизации основных производственных процессов хлебопекарная промышленность является одной из ведущих отраслей пищевой промышленности СССР.

Промышленное производство хлеба и хлебных изделий в нашей стране в основном осуществляется хлебопекарными предприятиями систем: 1) министерства пищевой промышленности СССР и союзных республик, производящими для населения городов почти две трети от общего количества этой продукции; 2) потребительской кооперации, объединяемой Центросоюзом и региональными потребсоюзами, вырабатывающими для сельского населения около 30% общей продукции.

Общее количество промышленно производимых хлеба и хлебных изделий в предвоенном 1940 г. составляло 24 млн. т, а ныне составляет уже около 35 млн. т.

Хлебопекарные предприятия, хлебокомбинаты и объединения, входящие в систему министерства пищевой промышленности, представлены в основном хлебозаводами и относительно небольшим количеством механизированных пекарен.

При ряде хлебопекарных предприятий имеются и цехи мучных кондитерских изделий.

Население городов и промышленных центров СССР практически полностью обеспечивается хлебом и хлебными изделиями, вырабатываемыми на этих предприятиях.

Очень важной задачей является снабжение сельского населения нашей страны хлебом и хлебными изделиями промышленного производства. Хлебопекарная промышленность системы Центросоюза

за последние годы добилась существенных успехов в решении этой важной задачи.

В 1954 г. сельское хлебопечение осуществлялось в более чем 15 тыс. пекарен, из которых только 32 были механизированы. К началу 1969 г. общее количество хлебопекарных предприятий снизилось до 14 тыс., причем в их числе было уже 800 хлебозаводов и около 7,5 тыс. механизированных пекарен, суммарная продукция которых составляла примерно 70% всего количества хлеба и хлебных изделий, вырабатанных в сельском хлебопечении. Количество кустарных пекарен сократилось по сравнению с 1954 г. в 2,4 раза.

В 1980 г. на 9,6 тыс. хлебопекарных предприятий, включающих и 1,6 тыс. хлебозаводов мощностью более 15 т/сут., было вырабатано уже несколько более 12 млн. т хлеба и хлебобулочных изделий.

Для снабжения сельского населения и удовлетворения его потребности в хлебе и хлебных изделиях Центросоюзом используется продукция хлебопекарных предприятий соответствующих потребкооперативов, а там, где это необходимо и возможно, и завоз этой продукции с хлебопекарных предприятий системы Минпищепрома.

Доля этого завоза в 1975 г. составляла 26,3%, а в 1980 г. — 22,4% от общего количества хлеба и хлебных изделий, поставляемых сельскому населению нашей страны. При этом общая потребность сельского населения страны в хлебе и хлебных изделиях удовлетворялась в 1975 г. на 90%, а в 1980 г. уже на 94,4%.

Особенностью Среднеазиатского, Кавказского и Закавказского регионов нашей страны является то, что коренное их население привыкло к потреблению местных национальных хлебных изделий, в основном представляемых лепешками, различными по форме и массе. Спрос на эти национальные хлебные изделия очень высок и у сельского и у городского населения. Часть сельского населения этих регионов и сейчас еще готовит национальные хлебные изделия в домашних условиях традиционными примитивными способами. В хлебопекарной промышленности проводится большая работа по увеличению объемов промышленного производства, совершенствованию технологии и техники механизированного производства национальных хлебных изделий, по качеству не уступающих этим изделиям кустарного и домашнего производства.

Основными направлениями развития хлебопекарной промышленности нашей страны в послевоенный период можно кратко охарактеризовать следующим образом.

Продолжалось увеличение промышленного производства хлеба и хлебных изделий путем строительства новых комплексно-механизированных хлебозаводов и реконструкции и технического перевооружения уже существующих предприятий.

На основе соответствующих исследований, проектных и конструкторских работ создавались новые, более эффективные, комплексно-механизированные, а для основных видов продукция и непрерывно-поточные интенсифицированные технологические процессы производства хлеба и хлебных изделий в необходимом для этого новое технологическое оборудование.

Разработка новых интенсифицированных технологических процессов производства хлеба потребовала проведения исследований не только чисто технологических, но и химических, биохимических, физико-химических, а в отношении выпечки и сушки — и тепловых соображений. Необходимо было и создание новых, более эффективных специальных добавок и препаратов, форсирующих и оптимизирующих приготовление теста и в то же время повышающих качество хлеба и продлевающих период сохранения им свежести.

Разработка новых видов хлебопекарных изделий повышенной пищевой ценности, диетических и лечебно-профилактических потребовала изыскания и исследования новых видов хлебопекарного сырья и добавок, богатых теми веществами, которыми хлеб надо обогащать. Эти виды сырья и добавок должны были быть испытаны и специалистами науки о питании. Необходимо была и разработка технологии производства этой группы изделий, оптимальной с точки зрения их качества и пищевой ценности.

При разработке новых видов хлебопекарного оборудования ставилась и задача повышения производительности труда и полного устранения или максимального сокращения операций, производимых вручную, особенно операций физически тяжелых.

Большое внимание при этом было уделено комплексной механизации погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских (ПРТС) работ как с сырьем, так и с готовой продукцией хлебопекарных предприятий.

Краткое описание того нового, что уже сделано и используется в хлебопекарной промышленности нашей страны по перечисленным выше проблемам и вопросам, дается в соответствующих главах учебника.

Здесь мы в качестве примера приведем лишь некоторые из опубликованных Упрхлебом Минпищепрома СССР данных¹, показывающих, что в хлебопекарной промышленности этой системы уже сделано к концу десятой пятилетки.

Производство хлебобулочных изделий хлебопекарными предприятиями, хлебокомбинатами и производственными объединениями (ПО) этой системы в 1980 г. составило 21 млн. т и по сравнению с 1975 г. возросло на 1,8%. Только за десятую пятилетку было введено в строй 110 новых хлебозаводов и реконструировано и технически перевооружено около 180 действующих предприятий. При значительном количестве хлебопекарных предприятий созданы и новые пекарни мучных кондитерских изделий.

В 1980 г. объем бестарных перевозок и хранения муки достиг 8,9 млн. т, или 56% от общего количества перерабатываемой муки. Разработаны и внедряются установки для приема и хранения на хлебозаводах таких видов хлеба, как сырьевый, как соевый

¹ Коцарев В. В. Основные направления технического прогресса в хлебопекарной промышленности. — Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1980, № 10, с. 2—4. Гринин А. С. Основные направления развития хлебопекарной промышленности в одиннадцатой пятилетке. — Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1981, № 3, с. 2—3.

и сахарный растворы, молочные продукты, жидкие жиры, дрожжевое молоко.

На ряде хлебозаводов внедрена комплексная механизация рабочих операций в хлебоприготовительных цехах, контейнерное хранение и последующая перевозка хлеба и хлебных изделий. Однако в этой области многое еще предстоит сделать.

Большие успехи достигнуты в разработке и совершенствовании способов и агрегатов интенсифицированного приготовления теста. В 1980 г. уже 74 % всех хлебобулочных изделий, производимых в системе Минпищепрома СССР, вырабатывались этими прогрессивными способами.

За 1976—1980 гг. внедрено свыше 1 тыс. комплексно-механизированных и механизированных поточных линий для производства разных видов хлеба и хлебобулочных, в том числе мелкоштучных и слабых, изделий.

Разработаны и внедрены на многих хлебозаводах новые хлебопечные печи, в том числе и с применением для выпечки электрообогрева и коротковолнового инфракрасного излучения. Исследуются вопросы применения для выпечки также и высокочастотного и сверхвысокочастотного электромагнитного поля.

Разработаны термостойкие полимерные покрытия хлебных форм, устойчивые в течение 4—5 мес. Только в 1980 г. в формах с такими покрытиями было выработано более 3,8 млн. т хлеба, благодаря чему существенно сократился расход растительного масла на смазку форм.

Увеличено производство булочных, слоеных, бараночных и сучарных изделий. Для двух последних видов изделий разработаны эффективные аппаратурно-технологические схемы их производства.

С целью повышения качества и пищевой ценности хлеба и хлебных изделий широко применяются молочная сыворотка, а также модифицированный крахмал, ферментные препараты и другие улучшители. Разработаны новые жирные продукты для хлебопечного производства и повышающие эффективность их применения поверхностно-активные вещества.

Существенно увеличилась выработка специальных видов хлеба повышенной пищевой ценности, диетических и лечебно-профилактических.

Комплексная механизация хлебопечного производства, совершенствование технологии и организации труда позволили повысить производительность труда в 1976—1980 гг. на 11,8 % с высвобождением значительного числа рабочих от физически тяжелого труда.

Отмеченное выше позволяет сделать заключение, что хлебопечная промышленность нашей страны достигла больших успехов в совершенствовании, интенсификации, комплексной механизации производства и повышения его эффективности.

Однако не все проблемы и вопросы, с которыми связаны эффективность производства хлеба и хлебных изделий, их качество и пищевая ценность, решаются и реализуются достаточно быстро и удовлетворительно.

В сельском хозяйстве нашей страны необходимы эффективные мероприятия по повышению содержания белка и клейковины в зерне пшеницы и увеличению сборов зерна сильных, ценных и твердых пшениц, увеличению посевов и сборов зерна ржи, а также бобов сои.

Должна быть ускорена и погнута на современный метрологический уровень комплексная стандартизация зерна хлебопечного назначения, муки из него и основных видов и сортов хлеба и хлебных изделий.

Необходимо уделить должное внимание и современному метрологическому оснащению исследовательских, контрольно-производственных и производственных лабораторий звеньев народнохозяйственной цепочки зерно—мука—хлеб.

Большая требовательность должна быть проявлена к техническому уровню, качеству и комплектности изготовления хлебопечного оборудования предприятиями Минлегпищепрома СССР.

Хлебопечной промышленности в системе торговли, реализующей хлеб и хлебные изделия, следует эффективнее решать вопросы снабжения потребителей более свежей продукцией. В хлебопечении необходимо шире применять методы и добавки, продлевающие период свежести хлеба и хлебных изделий.

Особое внимание должно быть уделено экономному, бережливому и эффективному использованию хлеба и хлебных изделий.

У потребителей и работников системы торговли и общественного питания следует воспитывать чувство уважения к хлебу и труду, вложенному в его производство на хлебном поле, элеваторе, мельнице и хлебопечном предприятии.

ЗАДАЧИ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР НА ПЕРИОД ДО 1990 ГОДА

Эти задачи обусловлены решениями XXVI съезда КПСС. Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года, Продовольственной программой СССР.

Эти документы исторического значения предусматривают повышение благосостояния советского народа как одну из важнейших задач. В решении этой задачи существенную роль играет рациональное питание населения, а следовательно, и достаточное производство необходимых и высококачественных пищевых продуктов, выработка которых пищевыми отраслями промышленности за 1981—1985 годы должна быть увеличена на 23—26 %.

Нельзя недооценивать роль хлеба и хлебных изделий в питании. Необходимо учитывать, что и в период до 1990 года потребление хлеба и хлебных изделий на душу населения будет продолжаться несколько снижаться. В 1980 г. оно у нас составляло 130 кг, в 1985 г. будет 128 кг, а к 1990 г. снизится до 125 кг в год на человека.

ЗАДАЧИ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СИСТЕМЫ МИНПИЩЕПРОМА СССР

Исходя из решений XXVI съезда КПСС, на 1981—1985 годы предусматриваются следующие задачи.

Намечено повысить производственную мощность хлебопекарных предприятий системы на 11 тыс. т в сутки путем строительства новых хлебозаводов и реконструкции технического перевооружения действующих предприятий.

Должно быть введено в действие еще 330 складов бестарного хранения муки, в результате чего к 1985 г. годовой объем бестарных перевозок и хранения муки на хлебопекарных предприятиях системы возрастет до 11 млн. т. При этом будет увеличиваться сооружение складов бестарного хранения муки открытого типа, что сократит сроки их строительства и уменьшит капиталовложения для этих целей.

Предстоит внедрить в 400 установок для приема и хранения такого хлебопекарного сырья, как солевой и сахарный растворы, жидкие жиры, молочные продукты, а в городах, в которых имеются дрожжевые заводы, также и дрожжевое молоко.

Предусмотрено и более широкое освоение прогрессивных интенсифицированных процессов приготовления теста с использованием агрегатов и установок, комплексно механизмирующих и автоматизирующих эти процессы, что позволит за 5 лет высвободить от ручных операций около 2 тыс. рабочих.

Широко будут внедряться производственные линии для комплексно-механизированного и непрерывно-поточного производства хлеба, батончиков и мелкоштучных булочных и сдобных, а также батончиков и сухарных изделий. За пятилетку предусмотрено внедрение 1 тыс. таких линий, что позволит освободить от проведения ручных операций около 4 тыс. рабочих.

Планируется и разработка новых конструкций хлебопекарных печей, в том числе работающих на жидком и газообразном топливе и печей с электрическим обогревом, а также выпечка хлеба в формах с полимерными покрытиями, которую намечено довести до 4 млн. т в год. Это сэкономит 4 тыс. т растительного масла и устранил бы саму операцию смазки форм, и необходимость механизмов или рабочих для их выполнения.

Будет существенно увеличена механизация работ в хлебохранилищах и экспедициях хлебозаводов. Предусмотрено широкое применение хранения, перемещения, отгрузки и транспортировки хлеба вплоть до торговых залов в контейнерах.

На вновь строящихся и уже действующих крупных хлебозаводах с узким ассортиментом продукции предусматривается внедрение полной механизации ПРТС-работ, разработанной киевским НПО «Продмаш».

Для предприятий, вырабатывающих широкий ассортимент, рекомендуется система контейнерных перевозок продукции с механизированной загрузкой ее в контейнер по опыту ГрузНИИППа,

ВНИИХПа и хлебопекарных предприятий Эстонской, Украинской, Киргизской и других союзных республик нашей страны.

Предусмотрено совершенствование структуры ассортимента хлебобулочных и других хлебных изделий с целью наиболее полного удовлетворения потребностей населения в различных видах этой продукции.

В одиннадцатой пятилетке и в последующие годы особое внимание должно быть уделено вопросам качества и пищевой ценности хлебопекарной продукции, увеличению выработки хлебобулочных изделий с улучшителями качества и пищевыми обогапителями (сывороткой, белковыми добавками, витаминами и др.).

Особое значение имеет рациональное расходование сырья; сокращение потерь сырья, полуфабрикатов и готовой продукции; экономное использование топливно-энергетических ресурсов и максимально эффективное использование производственных мощностей хлебопекарных предприятий и их объединений.

ЗАДАЧИ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СИСТЕМЫ ЦЕНТРОСОЮЗА

На 1981—1985 гг. и на период до 1990 г. основной задачей хлебопекарной промышленности этой системы является наиболее полное удовлетворение потребности сельского населения страны в хлебе и хлебных изделиях высокого качества в ассортименте, учитывающем особенности спроса на отдельные виды изделий в разных регионах страны.

Удовлетворение потребности сельского населения в общем количестве хлеба и хлебных изделий предусматривается в целом по СССР в 1985 г. на 97%, к 1990 году — на 98,1%. Следует отметить, что в ряде союзных республик: РСФСР, Украинской, Белорусской, Грузинской, Литовской, Латвийской, Армянской и Эстонской ССР — общая потребность в хлебе и хлебных изделиях удовлетворяется на 100%. Долю завоза хлеба и хлебных изделий в удовлетворения потребности в них намечено сокращать и довести к 1985 г. до 17,7%, а к 1990 г. — до 12,3%.

В период до 1990 г. намечается существенное увеличение промышленного производства местных национальных изделий повышенного качества. Долю их в общей продукции сельского хлебопечения намечено довести до 40% в Азербайджанской, Армянской, Грузинской и Казахской ССР и до 70% — в Киргизской, Таджикской, Туркменской и Узбекской ССР.

Задачами сельского хлебопечения системы потребительской кооперации на одиннадцатую пятилетку и на период до 1990 года являются также совершенствование технологических процессов, повышение качества и пищевой ценности продукции, комплексная механизация производства и ПРТС-работ, повышение производительности труда, сокращение операций, проводимых вручную, и наиболее полное, эффективное и экономное использование всех сырьевых, материальных и топливно-энергетических ресурсов.

**ЗАДАЧИ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ,
СВЯЗАННЫЕ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ
ПРОГРАММЫ СССР**

XXVI съезд КПСС, выдвигая широкую программу социального развития и повышения благосостояния народа нашей страны на первый план, поставил задачу — улучшить снабжение населения всеми видами продовольствия, заметно повысить потребление высококачественных продуктов и существенно улучшить структуру и рациональность питания.

Для решения этой задачи разработана Продовольственная программа СССР на период до 1990 года, рассмотренная и одобренная майским (1982 г.) Пленумом ЦК КПСС.

Следует отметить комплексность и целенаправленность Продовольственной программы, взаимосвязанно охватывающей задачи всех звеньев агропромышленного комплекса.

В Продовольственной программе отмечено, что повсеместно уже обеспечено бесперебойное снабжение населения хлебом, хлебобулочными и макаронными изделиями.

Основной задачей хлебопекарной промышленности при реализации Продовольственной программы является не только бесперебойное снабжение населения хлебом, но и повышение его качества и пищевой ценности. В этом плане очень важно, что Продовольственная программа предусматривает не только увеличение количества производимого продовольственного зерна за счет улучшения агро-техники его выращивания и повышения таким путем урожайности, но и ряд задач и мероприятий по улучшению качества, состава и пищевой (белковой) ценности и технологических (хлебопекарных и макаронных) свойств продовольственного зерна. Перед селекционерами поставлена задача — создать и внедрить новые сорта и гибриды сельскохозяйственных культур не только высокоурожайных, устойчивых к неблагоприятным факторам среды, невосприимчивых к болезням и вредителям, но и высокого качества. Для пшеницы — это новые сорта твердых, сильных и ценных по содержанию белка пшениц. Программа предусматривает существенное увеличение доли зерна этих высокоценных пшениц и увеличение производства в нашей стране зерна короткостебельной озимой ржи (с потенциальной урожайностью 55—65 ц/га). Это позволит хлебопекарной промышленности повысить производство ржаного и ржано-пшеничного хлеба, спрос на который у населения ряда регионов страны ввиду недостаточности сборов ржи еще не удовлетворяется.

Отмечена в программе и необходимость проявлять постоянную заботу об экономном и бережливом расходовании продовольственного и фуражного зерна, хлеба и хлебопродуктов. Предусмотрено увеличение среднегодового производства в одиннадцатой и двенадцатой пятилетках семян подсолнечника и сои. Это позволит соответственно увеличить производство подсолнечного и соевого масла, а также и подсолнечного и соевого шрота. Эти виды шрота при получении их в форме, допускающей не только кормовое, но и

пищевое использование, являются потенциальными белковыми обогатителями хлеба и ряда других пищевых продуктов. Особенно ценны по аминокислотному составу белки семян сои.

Продовольственная программа предусматривает улучшение организации торговли хлебом и хлебобулочными изделиями, повышение оперативности их доставки в торговую сеть и продажи в свежем состоянии. Дополнительно к этому технологам хлебопекарного производства следует применять специальные технологические мероприятия и добавки — улучшители, продлевающие период свежести хлеба. Эти мероприятия описаны в главах IX и XI учебника.

Техническое перевооружение продовольственных отраслей промышленности также предусмотрено Продовольственной программой. В машиностроении для легкой и пищевой промышленности программа предусматривает изготовление в основном поточных линий и комплексов оборудования, обеспечивающих значительное повышение производительности труда в пищевых отраслях промышленности, комплексную переработку сельскохозяйственной продукции и сокращение ее потерь, повышение качества и расширение ассортимента продуктов питания.

Для хлебопекарной промышленности, в частности, предусмотрено создание механизированных поточных линий для производства массовых сортов хлеба, выпуска хлебобулочных изделий в мелкой расфасовке, а также производство комплексов другого оборудования, позволяющих обеспечить автоматизацию и механизацию труда.

Продовольственная программа предусматривает значительное увеличение бестарных перевозок сахара-песка и жидкого сахара и в связи с этим увеличение производства и поставок соответственно специализированного автотранспорта.

Продовольственной программой предусмотрена задача обеспечения разработки и реализации программ комплексной стандартизации, предусматривающих взаимосвязанное повышение требований к качеству сельскохозяйственной продукции и продовольственных товаров, а также расширение применения современных методов оценки качества этой продукции.

Продовольственная программа предусматривает и мероприятия по обеспечению всего агропромышленного комплекса, а в его составе и соответствующих пищевых отраслей промышленности, в том числе и хлебопекарной отрасли, транспортом, тарой и тароупаковочными материалами.

В пищевых отраслях промышленности следует ускорить внедрение механизированных поточных линий для упаковки готовых изделий, так как к 1990 году выпуск основных продовольственных товаров в расфасованном виде должен быть поведен до 60—70 % от общего объема их продажи.

Предусмотрено и развитие научно-технического сотрудничества с социалистическими странами в области выведения и внедрения в производство новых высокопродуктивных сортов и гибридов сель-

скохозяйственных культур, выращивания семян в посадочного материала, создания новых линий и пород скота и птицы, использования генфондов растений и животных, а также расширение сотрудничества в области модернизации и реконструкции предприятий пищевой отрасли промышленности, холодильного и складского хозяйства.

Укрепление трудовой и производственной дисциплины в свете указаний ноябрьского (1982 г.) Пленума ЦК КПСС, положений и выводов, высказанных в речи на Пленуме Генеральным секретарем ЦК КПСС Ю. В. Андроповым, непосредственно относится и к хлебопекарной промышленности нашей страны. Для технологов этой отрасли важна не только трудовая дисциплина и добросовестное выполнение своих обязанностей. Технологи должны квалифицированно и бескомпромиссно обеспечивать соблюдение технологической дисциплины в организации и проведении всех стадий процесса производства хлеба с учетом свойств перерабатываемого сырья. Технолог призван оперативно, квалифицированно и ответственно принимать решения об оптимальных изменениях параметров проведения стадий технологического процесса, согласовывая их с руководством предприятия, цеха или смены.

ОРГАНИЗАЦИИ, УЧАСТВУЮЩИЕ В РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В решении задач, стоящих перед хлебопекарной промышленностью, активное творческое участие принимает широкий круг различных организаций:

отраслевые научно-исследовательские институты хлебопекарной и смежных с ней отраслей промышленности и сельского хозяйства;

высшие учебные заведения, ведущие подготовку инженеров-технологов для работы в хлебопекарной промышленности; центральные и контрольно-производственные лаборатории (ЦЛ и КПЛ) хлебопекарной промышленности отдельных союзных республик, краев и областей нашей страны;

соответствующие академические институты: Академии наук СССР и союзных республик (например, Институт биохимии им. А. Н. Баха АН СССР; Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова АН СССР и др.); Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина (ВАСХНИЛ) и Академии медицинских наук СССР (например, Институт питания АМН СССР).

Главным, ведущим и координирующим в решении задач научно-технического прогресса хлебопекарного производства уже более полувека¹ является Всесоюзный научно-исследовательский

институт хлебопекарной промышленности (ВНИИХП). Институт имеет Ленинградское отделение (ЛО ВНИИХП)¹ в вместе с опытным хлебозаводом и экспериментальным машиностроительным предприятием является основным звеном Научно-производственного объединения хлебопекарной промышленности (НПО Хлебпром), подчиненного Упрхлебу Минпищепрома СССР.

Вузы пищевой промышленности и некоторые политехнические вузы, готовящие инженеров-технологов для хлебопекарной промышленности и размещенные в разных регионах нашей страны (в Москве, Ленинграде, Киеве, Воронеже, Краснодаре, Кемерове, Джамбуле, Алма-Ате и др.), также вносят существенный вклад в разработку научных основ и совершенствование технологии хлебопечения.

Этот вклад выражается не только в проведении научно-исследовательских работ (НИР), но и в такой подготовке будущих инженеров-технологов, при которой они смогут стать творчески активными инженерами и научными работниками хлебопекарной промышленности.

Наряду с этим в наших вузах уже более полувека ведется и непосредственная подготовка научных кадров, в основном из работников производства через аспирантуру или путем научного руководства диссертационными работами соискателей — работников промышленности.

В учебнике для вузов целесообразно дать некоторые советы по проведению в них НИР:

1) тематика и задачи НИР должны быть увязаны с задачами важнейших комплексно-целевых программ страны и в первую очередь — с Продовольственной программой СССР;

2) во избежание дублирования в проведении НИР в вузах и других научных учреждениях тематика и основы программ НИР должны быть рассмотрены и одобрены во ВНИИХП как в координационном центре. Проведение отдельных НИР целесообразно в творческом содружестве или даже совместно с соответствующими подразделениями или научными работниками ВНИИХП;

3) в НИР, проводимых на профилирующих выпуска технологических кафедрах вуза, с учетом их тематики должны творчески участвовать ведущие научные работники соответствующих общенаучных, общинженерных и экономических кафедр. В НИР, тематика и задачи которых связаны с районом местонахождения вуза, задачи и программы НИР должны быть согласованы с соответствующими руководящими и научными организациями района;

4) особо существенно выполнение НИР в вузе в заранее предусмотренном и оформленном творческом содружестве с соответствующими производственными предприятиями или объединениями хлебопекарной промышленности района местонахождения вуза;

¹ Несколько лет (по 1932 г.) функции ВНИИХП выполнял отдел хлебопечения ВНИИЗерно и продуктов его переработки.

¹ До 1983 г. функционировало также Харьковское отделение (ХО ВНИИХП).

5) должно быть увеличено привлечение к выполнению НИР в вузе студентов с тем, чтобы повысить их будущую творческую активность в хлебопекарной промышленности и научно-исследовательские работы студентов (УИРС и НИРС), так и выполнение дипломных экспериментально-исследовательских работ.

6) по НИР теоретического профиля целесообразно установление творческого контакта руководителей тем и вузов с соответствующими академическими институтами (АН СССР или союзных республик, ВАСХНИЛ или АМН СССР).

Глава II

Этапы процесса производства хлебобулочных изделий

Процесс производства хлеба и булочных изделий состоит из следующих шести этапов: 1) прием и хранение сырья; 2) подготовка сырья к пуску в производство; 3) приготовление теста; 4) разделка теста; 5) выпечка и 6) хранение выпеченных изделий и отправка их в торговую сеть.

Каждый из этих этапов в свою очередь складывается из отдельных, последовательно выполняемых производственных операций и процессов.

В качестве примера мы ниже очень кратко характеризуем эти операции и процессы на отдельных этапах производства батона из пшеничной муки 1 сорта, в рецептуру которых помимо муки входят вода, прессованные дрожжи и соль. Для упрощения прием, что тесто готовится порционно в отдельных дежах однофазным (безопарным)¹ способом. Варианты непрерывно-поточного приготовления теста приводятся в главах V и VI.

ПРИЕМ И ХРАНЕНИЕ СЫРЬЯ

Данный этап охватывает прием, перемещение в складские помещения и емкости и последующее хранение всех видов основного и дополнительного сырья, поступающего на хлебопекарное предприятие. К основному сырью относят муку, воду, дрожжи и соль, а к дополнительному — сахар, жирные продукты, яйца и другие виды сырья, предусмотренные рецептурой вырабатываемых хлебопекарных изделий.

¹ Для приготовления пшеничного теста применяется и двухфазный способ, при котором в первую фазу — опару — вносятся часть муки и воды, а также дрожжи, а во вторую фазу — тесто — выброшенная опара, оставшаяся часть муки и воды, соль и, если это предусмотрено рецептурой сорта изделия, также сахар и жирные продукты. Поэтому однофазный способ приготовления пшеничного теста и именуется безопарным способом.

От каждой партии принимаемого сырья, в первую очередь муки и дрожжей, сотрудники лаборатории предприятия отбирает пробы для анализа, проверки соответствия нормативам качества и установления хлебопекарных свойств.

ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ К ПУСКУ В ПРОИЗВОДСТВО

На основании данных анализа отдельных партий муки, имеющихся на хлебозаводе, сотрудники лаборатории устанавливают целесообразную с точки зрения хлебопекарных свойств смесь¹ отдельных партий муки с указанием количественных их соотношений. Смешивание муки отдельных партий в заданных соотношениях осуществляется в соответствующих установках — миксерах, из которых смесь направляется на контрольный просеиватель и магнитную очистку. Затем смесь поступает в расходный силос, из которого по мере необходимости будет подаваться на приготовление теста.

Вода хранится в емкостях — баках холодной и горячей воды, из которых затем направляется на дозаторы воды в соотношениях, обеспечивающих температуру воды, нужную для приготовления теста.

Соль — предварительно растворяется в воде, раствор фильтруется; раствор заданной концентрации направляется на приготовление теста.

Прессованные дрожжи — предварительно размельчаются и в мешалке превращаются в суспензию их в воде. В виде такой суспензии дрожжи используются при приготовлении теста.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТЕСТА

При безопарном способе приготовления пшеничного теста состоит из следующих операций и процессов.

Дозирование сырья. Соответствующими дозирующими устройствами отмериваются и направляются в дежу, установленную на платформе тестомесильной машины, необходимые количества муки, воды заданной температуры, дрожжевой суспензии в растворе соли и сахара.

Замес теста. После заполнения дежи мукой, водой, раствором соли и разведенными в воде дрожжами включают тестомесильную машину и производят замес теста.

Брожение и обминка теста. В замешанном тесте происходит процесс спиртового брожения, вызываемый дрожжами. Дioxid углерода — углекислый газ, выделяющийся при брожении изрядно с этиловым спиртом, разрыхляет тесто, в результате чего его объем увеличивается.

Для улучшения структурно-механических свойств тесто во время брожения подвергают одной или нескольким обминкам. Для

¹ Ранее такую смесь называли валкой.

этого дежу с тестом опять закатывают на плиту тестомесильной машины, в течение 1—3 мин повторно перемешивают тесто. Эта операция и называется обминкой теста.

Во время обминки из теста механически удаляется основная часть углекислого газа, в результате чего объем теста уменьшается, приближаясь к первоначальному объему (сразу после замеса). Одновременно в результате обминки под влиянием механического воздействия рабочего органа тестомесильной машины улучшаются структурно-механические свойства теста.

После обминки дежу вновь откатывают для дальнейшего брожения теста. Общая продолжительность брожения безопарного теста в зависимости от количества в нем дрожжей может колебаться в пределах 2—4 ч.

Дежу с готовым выбражившим тестом дежеопрокидывателем поворачивают в положение, при котором тесто выгружается в бункер-тестоспуск, расположенный над тестоделительной машиной. Освободившуюся и зачищенную от остатков теста дежу откатывают к тестомесильной машине для замеса новой порции теста.

РАЗДЕЛКА ТЕСТА

Под общим названием «разделка теста» принято объединять операции деления теста на куски требуемой массы, придания этим кускам формы, обусловленной сортом выпекаемого изделия, и расстойки сформованных кусков (тестовых заготовок).

Деление теста на куски осуществляется на тестоделительной машине. Куски теста с делительной машины поступают в тесто-округлитель. Округленные куски теста помещаются для промежуточной расстойки в гнезда люлек конвейерного агрегата первой расстойки. Во время промежуточной расстойки (3—7 мин) куски теста находятся в состоянии покоя. Из агрегата первой расстойки куски теста поступают для окончательного формирования (в нашем примере — для придания кускам теста цилиндрической формы батона) в закаточную машину. Из закаточной машины сформованные тестовые заготовки для окончательной расстойки передвигаются в соответствующий конвейерный люлечный агрегат или на вагонетках с соответствующими устройствами вкатываются в камеры для расстойки.

Целью окончательной расстойки является разрыхление тестовых заготовок в результате происходящего в них брожения. Поэтому в агрегатах или камерах для расстойки необходимо поддерживать оптимальную для этого температуру и влажность воздуха ($t=35^\circ\text{C}$ и $\phi=80-85\%$). Длительность окончательной расстойки зависит и от свойств теста и от параметров воздуха и для батона может колебаться в пределах 30—55 мин.

Правильное определение оптимальной длительности окончательной расстойки существенно влияет на качество хлебобулочных изделий.

Недостаточная длительность расстойки снижает объем изделий, разрыхленность их мякиша и может вызвать образование на корке разрывов.

Излишняя длительность расстойки также отрицательно сказывается на качестве изделий. Подовые изделия будут чрезмерно разрыхляться, а у формового хлеба верхняя корка будет плоской или даже вогнутой.

ВЫПЕЧКА

Выпечка тестовых заготовок пшеничных батонов массой 0,5 кг происходит в пекарной камере хлебопекарной печи при температуре $280-240^\circ\text{C}$ в течение 20—24 мин. При этом в результате теплофизических, коллоидно-химических и биохимических процессов (сущность их см. в главе VIII) тестовая заготовка переходит в состояние готового выпеченного изделия, в нашем случае — батона.

ХРАНЕНИЕ ВЫПЕЧЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ И ОТПРАВКА ИХ В ТОРГОВУЮ СЕТЬ

Выпеченные батоны транспортируются в хлебохранилище, где укладываются в лотки и затем на вагонетки или в специальные контейнеры. На этих вагонетках или в контейнерах батоны хранятся до отправки в торговую сеть. Завершается пребывание хлебопекарных изделий на хлебозаводе погрузкой лотков или контейнеров с ними в соответствующий автотранспорт, доставляющий их в торговую сеть.

При хранении после выпечки (в хлебохранилище, а затем в торговой сети — до момента продажи) батоны остывают, утрачивают часть влаги, а при длительном хранении и свежесть (черствеют).

Сущность происходящих при этом процессов описывается в главе IX.

Такова последовательность основных этапов простейшего технологического процесса производства батонов из пшеничной муки.

АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБА

Общая аппаратурно-технологическая схема лоточного производства хлеба на современном комплексно-механизированном хлебозаводе приведена на рис. 1.

Эта схема [5, с. 7] дает общее представление о последовательности отдельных стадий и рабочих операций процесса производства хлеба и о видах оборудования, необходимых для этого. Она охватывает весь цикл этапов и операций — от приема сырья на хлебозавод до отправки готовой продукции в торговую сеть.

Рассмотрение же сущности технологических процессов и способов их проведения на отдельных стадиях производства хлеба является содержанием последующих глав.

ВИДЫ И СОРТА МУКИ

Правила организации и ведения технологического процесса из мельничих, утвержденные Министерством заготовок СССР в декабре 1977 г., предусматривают виды хлебопекарных помолов мягкого пшеницы в базисные сорны выхода продукции, приведенные в табл. I в табл. I приведены базисные нормы выхода пшеничной муки тонкого высшего, I и II сортов и обойной.

Уже ряд лет на Раменском мелкобазисные успехи применяются комплексно-механизированный односортовый помол пшеницы на муку хлебопечарную высшего сорта с выходом 75%. Мука высшего сорта, вырабатываемая таким односортовым 75%-ным помолом, несколько выше по степени пищевой полноценности муки этого же сорта, вырабатываемой многосортными помоллами. В единичных же пятилетке намечено применение этого помолла еще на ряде со-

Таблица 2

Продукты колхоза	Виды товаров					
	Овес 10% от Д	Пшеница 10% от Д	Одобренный 10% от Д	Сорт		
				10% от Д	10% от Д	10% от Д
Мука (выход в %)	—	15	30	—	—	—
Сеяная	10	65	50	—	—	—
Обдирная	—	—	—	95	95	90
Обойная	—	—	—	—	—	—
Побочные продукты (выход в %)						
Мука кормовая	15	—	—	—	—	—
Отруби	18	16	16	—	—	—
Отходы и усушка	4	4	4	—	—	—
Всего	100	100	100	100	100	100

Виды хлебопекарных помолов ржи (Рж), смеси ржи и пшеницы (Рж-Пш в соотношении 60 и 40%) и пшеницы и ржи (Пш-Рж в соотношении 70 и 30%) и базисные нормы выхода продукции (в %) приведены в табл. 2.

В тех же Правилах приведены признаки и показатели качества муки, вырабатываемой на мельницах. Для муки хлебопекарной пшеничной, ржаной, ржаво-пшеничной (РЖ-Пш) и пшенично-ржаной (Пш-РЖ) величины этих показателей приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Мука, классификация	Крупность помола						Содержание крахмала, % по мере
	Вязкость, % по способу Гуттенберга, по мере	Средняя масса одного зерна, мг (по объему, %)		Проход через сито цинковое или проволоочное*			
		по массе	по объему, %	по массе	%		
Пшеничная							
Крупчатка	0,60	23	2	35	Не более 10	30	
Высшего сорта	0,55	43	5	—	—	38	
I сорта	0,75	35	2	43	Не менее 75	30	
II сорта	1,25	27	4	38	Не менее 60	25	
Обойная	—**	067	2	38	Не менее 30	20	
Ржаная							
Сейная	0,75	27	2	38	Не менее 30	—	
Обойная	1,45	045	2	38	Не менее 60	—	
Обойная	—**	067	2	36	Не менее 30	—	
Ржаная-пшеничная							
Обойная	—**	067	2	36	Не менее 40	—	
Пшенично-ржаная							
Обойная	—**	067	2	36	Не менее 40	—	

²² He noted that the "most important" of these "artificialities" was "age."

Таблица 4

Мука хлебопекарная	Водо- растворимый азот	Жир	Водо- растворимый углерод	Золь	Материалы окисления					Потери					Аммоний		
					Ca	Mg	Fe	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O			
— по ГОСТ 9404—60																	
— по ГОСТ 188—60																	
Пшеница	14	10,3	9,9	74,2	0,1	0,5	18	86	16	1,2	0,17	0,08	1,30	250	300		
Высшего сорта	14	10,8	1,2	73,2	0,2	0,7	24	115	44	2,1	0,25	0,12	2,20	290	360		
I сорта	14	11,7	1,8	70,8	0,6	1,1	32	184	73	3,3	0,37	0,14	2,87	—	—		
II сорта	14	12,5	1,9	68,2	1,3	1,5	39	335	94	4,1	0,41	0,19	4,32	300	360		
Соблюдать																	
Ржаная	14	6,3	1,1	70,9	0,5	0,6	19	129	23	2,9	0,17	0,09	0,99	280	300		
Сорта	14	6,8	1,7	73,0	1,2	1,2	34	189	60	3,5	0,25	0,13	1,02	300	320		
Гречневая	14	10,7	1,6	70,3	1,8	1,6	43	256	73	4,1	0,42	0,20	1,16	360	360		
Соблюдать																	

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МУКИ

Химический состав муки может в значительной мере изменяться в зависимости от химического состава зерна, от сорта и выхода муки.

Химический состав зерна в свою очередь зависит в известной степени от особенностей вида и сорта пшеницы или ржи. Потенциально-климатические, погодные и агротехнические условия выращивания пшеницы и ржи также оказывают влияние на химический состав зерна, часто значительно большее, чем сортовые особенности.

Химический состав разных сортов муки из одной и той же партии зерна существенно и закономерно различается.

В табл. 4 приведены данные в СССР [38 и 39] величин содержания в отдельных сортах хлебопекарной пшеничной муки: воды, белков, жиров, углеводов, клетчатки и золь, минеральных веществ (кальция, фосфора, магния и железа), витаминов (B₁, B₂ и PP) и наиболее дефицитных в хлебе незаменимых аминокислот (лизина и метионина).

Данные, приведенные в табл. 4, позволяют отметить, что содержание пищевых веществ, обуславливающих пищевую ценность муки (белки, дефицитные аминокислоты, минеральные вещества и витамины, содержащиеся в зерне и муке), закономерно связано с выходом отдельных сортов муки: чем выше выход муки, тем больше в ней этих веществ. Наиболее низко содержание этих веществ в пшеничной муке высшего сорта и в ржаной сеяной муке. Наиболее высоко их содержание в обойной муке.

СТАНДАРТ НА МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ МУКИ

Методы испытаний муки изложены в ГОСТ 9404—60. Этот ГОСТ предусматривает определение в муке таких показателей, как запах, вкус, хруст, цвет, зараженность вредителями, содержание металлопримесей, влажность, кислотность, зольность и автолитическая активность. Для пшеничной муки предусмотрено также определение содержания и качества клейковины, проведение пробной лабораторной выечки.

Методика перечисленных выше определений описана в данном ГОСТе, а также и в руководствах и пособиях по технико-химическому контролю хлебопекарного производства [27, 34, 36].

ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ СВОЙСТВА ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Хороший пшеничный хлеб должен иметь достаточный объем, правильную форму, нормально окрашенную корочку без разрывов и трещин, эластичный мякиш с мелкой и равномерной пористостью. Хлеб должен быть вкусным и ароматным. Чем светлее мякиш определенного сорта пшеничного хлеба, тем выше ценится он потребителем.

Пшеничная мука хорошего хлебопекарного качества позволяет при правильном ведении технологического процесса получать хлеб, отвечающий перечисленным выше требованиям.

Хлебопекарное качество пшеничной муки в основном определяется следующими ее свойствами:

- 1) газообразующей способностью;
- 2) способностью образовывать тесто, обладающее определенными структурно-механическими свойствами, — силой муки;
- 3) цветом муки и способностью ее к потемнению в процессе приготовления из нее хлеба.

Существенное значение имеет и показатель крупности частиц муки.

Газообразующая способность муки

При спиртовом брожении, вызываемом в тесте дрожжами, образуются содержащиеся в нем сахара. При этом молекула простейшего сахара глюкозы (глюкозы или фруктозы) в вязком комплексе ферментов дрожжевой клетки разлагается с образованием двух молекул этилового спирта и двух молекул CO_2 — диоксида углерода. Таким образом, по количеству CO_2 , выделяющегося при брожении теста, можно судить об интенсивности спиртового брожения. Поэтому газообразующая способность муки характеризуется количеством CO_2 , выделившегося за установленный период времени при брожении теста, замешенного из определенных количеств данной муки, воды и дрожжей.

Факторы, обуславливающие газообразующую способность муки

Газообразующая способность муки обуславливается содержанием в ней собственных сахаров и ее сахарообразующей способностью.

Сахарообразующая способность муки связана с действием содержащихся в ней амилolyтических ферментов на крахмал, в результате гидролиза которого в тесте образуются сахара (мальтоза и др.). Сахарообразующая способность муки зависит поэтому от содержания в муке амилolyтических ферментов и податливости крахмала их действию.

Таким образом, газообразующая способность муки обуславливается в основном ее углеводно-амилазным комплексом.

Собственные сахара муки. Установлено, что распределение сахаров в зерне неравномерно. Содержание сахаров в центральной части (эндосперме) зерна значительно выше, чем в оболочках и алеуроновом слое. В связи с этим чем меньше выход сорта муки, тем ниже в ней содержание частиц периферических слоев зерна, тем относительно ниже и содержание в муке сахаров.

Исследования, проводимые с применением современных методов, позволяют полагать, что содержание отдельных сахаров в

нормальном зерне пшеницы и в муке из нее лежит в следующих пределах (в % на сухое вещество): глюкоза 0,01—0,05, фруктоза 0,015—0,05, мальтоза 0,005—0,05, сахароза 0,1—0,55.

Помимо этих сахаров в зерне пшеницы и пшеничной муке установлено содержание раффинозы, мелибиозы и глюкофруктозана (лавоэина). Общее содержание этих сахаридов колеблется примерно от 0,5 до 1,1% на сухое вещество.

В отношении мелибиозы некоторые исследователи, производившие проверку идентичности отдельных сахаров кристаллизацией, полагают, что та, что хроматографически выделяется как мелибиоза, является, очевидно, глюкофруктозидом.

Исследования содержания отдельных сахаров в зародыше и питке зародыша зерна подтверждают высокое общее содержание в них сахаров (12—22%), а также то, что более половины из них падает на сахарозу и около 40% на раффинозу.

Таким образом, общее содержание в пшеничной муке сбраживаемых дрожжами сахаров в зависимости от состава зерна и выхода муки может колебаться в пределах 0,7—1,8% на сухое вещество.

Количество сахаров в зерне и муке, главным образом количество мальтозы, может существенно возрастать при прорастании зерна.

Сахарообразующая способность муки. Под сахарообразующей способностью муки понимают способность приготовленной из нее водно-мучной смеси образовывать при установленной температуре и за определенный период времени то или иное количество мальтозы.

Сахарообразующая способность муки обуславливается действием амилolyтических ферментов муки (в указанных выше условиях) на ее крахмал и зависит как от количества амилolyтических ферментов (α - и β -амилазы), так и от размеров, характера и состояния частиц муки и крахмальных зерен в этих частицах.

Показателем сахарообразующей способности муки, определяемой по методу Рамзеля-ВНИИЗ, считают количество миллиграммов мальтозы в водно-мучной суспензии из 10 г муки и 50 мл воды после часа ее настаивания при 27°C.

Естественно, что при этом определяют как мальтозу, образовавшуюся в процессе часового действия водно-мучной суспензии в результате действия амилolyтических ферментов муки на ее крахмал, так и содержащиеся в муке собственные непосредственно редуцирующие сахара (мальтоза, глюкоза и фруктоза).

Для точной характеристики истинной сахарообразующей способности муки следовало бы в отдельной навеске 10 г муки определить содержание собственных непосредственно редуцирующих сахаров и их количество, выраженное в миллиграммах мальтозы, вычтись из определенной по указанному выше способу величин показатель сахарообразующей способности муки.

В нормальном непроросшем зерне пшеницы практически содержится только β -амилаза. В проросшем же зерне пшеницы наряду с β -амилазой содержится и активная α -амилаза.

Общепризнано, что β -амилаза при действии на крахмал образует главным образом мальтозу и наряду с ней значительно мень-

шее количество высокомолекулярных декстринов, в то время как α -амилаза образует в качестве основного продукта гидролиза крахмала декстрины меньшей молекулярной массы и незначительное количество мальтозы.

Хроматографическое исследование сахаров, образующихся при амилазной крахмала, несколько уточняет этот вопрос.

Подтверждено, что β -амилаза действительно образует из сахаров только мальтозу. В то же время показано, что α -амилаза, помимо декстринов и мальтозы, образует известные количества глюкозы и некоторых других высокомолекулярных сахаридов (амилотетрозы, амилаотетрозы и амилаолентозы).

В проросшем зерне и получаемом из него солоде одновременно присутствуют и β - и α -амилазы. При совместном действии обеих этих амилаз на крахмал в числе сахаров, полученных в качестве продуктов амилализа, наряду с мальтозой получают небольшие количества глюкозы и амилаотетрозы (сахарида из трех остатков глюкозы, соединенных α -1,4-глюкозидными связями).

Отметим, кстати, что совместное действие обеих амилаз обеспечивает наибольшее осахаривание крахмала.

α - и β -амилазы различаются и по своему отношению к температуре и реакции среды. α -Амилаза по сравнению с β -амилазой имеет оптимум действия и инактивируется при более высокой температуре. В то же время β -амилаза более стойка к повышению кислотности среды.

Реакция среды существенно влияет на термостойкость амилаз. Чем выше кислотность среды, тем ниже температура инактивации амилаз. Особенно резко снижается при этом температура инактивации α -амилазы.

Оптимальная для действия амилаз реакция среды в свою очередь неодинакова при различной температуре действия амилаз в данной среде.

Работами советских исследователей установлено, что температура оптимума действия и инактивации амилаз в объектах хлебопекарного производства зависит также от характера и концентрации субстрата, на который действуют амилазы. Чем выше влажность реакционной среды и чем ниже в этой среде концентрация субстрата, на который действуют амилазы, тем ниже температура оптимума действия и инактивации амилаз.

На температуру инактивации амилаз влияют условия, скорость и длительность прогрева продукта, в котором происходит амилализ.

Из сказанного следует, что, приводя температуры оптимума действия и инактивации β - и α -амилаз, необходимо указывать, к какому объекту и к каким условиям относятся данные.

Установлено (МТИПН, З. Ф. Фалункина, И. А. Попова, 1951—1954), что в тесте из пшеничной муки 1 сорта, приготовленном на прессованных дрожжах (рН 5,9), оптимальной температурой для действия β -амилазы является 62—64°C, для α -амилазы 70—74°C. Полная инактивация β -амилазы при этом происходила при 82—84°C. α -Амилаза в этих условиях способна сохранять известную активность при температуре, достигающей 97—98°C.

Даже в хлебе, выпеченном из этого теста, α -амилаза в центре мякиша сохраняла известную активность.

Дополнительно установлено, что температура инактивации β -амилазы при выпечке пшеничного хлеба весьма существенно зависит от скорости и длительности прогрева отдельных участков мякиша хлеба. Более подробно эти данные будут рассмотрены при изложении биохимических процессов, происходящих при выпечке.

Было также показано, что в заварках из пшеничной муки температура оптимума действия и инактивации β -амилазы снижалась при увеличении количества воды в заварке.

Существенно влияющие фактора кислотности среды на температуру инактивации β - и α -амилазы.

β -Амилаза в процессе выпечки ржаного хлеба инактивировалась полностью: при кислотности теста 10—11,4 град (рН от 4,3 до 4,6) и температуре 60°C, а при кислотности теста 4,6—6,3 град (рН от 4,7 до 4,9) — при температуре 73—78°C.

α -Амилаза была полностью инактивирована при кислотности теста 10,6—11,6 град (рН 4,3) и температуре 71°C. Когда кислотность теста была равна 4,4 град (рН 4,9), α -амилаза в центре мякиша хлеба сохраняла активность до конца выпечки хлеба, т. е. до температуры, превышающей 96°C.

Как уже указывалось, в нормальном непроросшем зерне пшеницы содержится в свободном и активном состоянии только β -амилаза. Количество β -амилазы в муке из зерна пшеницы более чем достаточно. Поэтому сахарообразующая способность пшеничной муки из нормального непроросшего зерна обычно обуславливается не количеством в ней β -амилазы, а доступностью и позитивностью субстрата, на который она действует, т. е. крахмала муки.

Податливость субстрата действию фермента академик А. И. Опариным весьма удачно и образно назвал его «атакуемостью».

Атакуемость крахмала муки зависит в основном от размеров частиц муки, размеров крахмальных зерен и степени их механического повреждения при размолоте зерна, т. е. от удельной свободной поверхности зерна и частиц зерен крахмала, на которую может действовать β -амилаза. Чем мельче частицы муки, чем мельче зерна крахмала, чем больше эти зерна разрушены или повреждены, тем больше атакуемость этого субстрата β -амилазой.

Еще в 1938 г. было установлено (Институт биохимии АН СССР, И. В. Глазунов и др.), что при действии β -амилазы в различных условиях на разные крахмальные субстраты в различном по крупности частицы пшеничного крахмала образуется различное количество мальтозы. Результаты этих исследований показаны ниже.

Субстрат	Концентрация мальтозы, мг	Фракция крахмала	Концентрация мальтозы, мг
Пшеничный крахмал	0,43	Крупный	8,4
Декстрин	144,0	Средний	16,0
Клейстер пшеничного крахмала	158,0	Мелкий	44,0
		Растиртый в ступе	127,0

Как видно из приведенных выше данных, β -амилаза при действии на декстрин образует мальтозы в 335 раз больше, чем при действии на пшеничный крахмал. Еще больше мальтозы образуется при действии β -амилазы на крахмальный клейстер.

Значение крупности частиц крахмала и их дополнительного разрушения и измельчения хорошо видно из данных, приведенных в таблице справа.

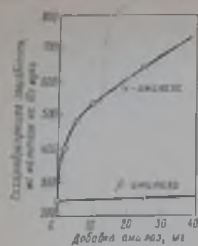


Рис. 2. Влияние добавок α- и β-амилазы на сахарообразующую способность пшеничной муки (количество добавляемого препарата на 5 г сухого вещества муки)

числу равна 81,2%, а по массе — 4,1%; средних (размером 7,5—15 мкм) зерен крахмала по их числу — 6,0%, а по массе — 2,9%; крупных же (размером 15—30 мкм) зерен крахмала соответственно — 12,8 и 93%.

Мелкие зерна крахмала отличаются по ряду их свойств. У них заметно выше такие показатели, как кристалличность и плотность, температура начала и завершения процесса клейстеризации; водосвязывающая способность и атакуемость амилолитическими ферментами. Несколько выше в мелких зернах крахмала доля амилопектина.

В то же время растворимость и набухаемость мелких крахмальных зерен ниже, чем крупных.

На рис. 2 представлен график, иллюстрирующий эффект добавления α- и β-амилазы к пшеничной муке, сахарообразующая способность которой равна 245 мг мальтозы на 10 г муки.

Как видно из графика, добавление β-амилазы весьма незначительно увеличивало сахарообразующую способность муки, что свидетельствует об избыточном количестве ее в самой муке. Добавление α-амилазы в этих же количествах в несколько раз увеличивало сахарообразующую способность муки, возрастаяшую пропорционально количеству препарата фермента. Это объясняется тем, что α-амилаза разлагает крахмал в основном на низкомолекулярные декстрины, очень легко переводимые избыточным количеством β-амилазы муки в мальтозу. Именно поэтому мука из проросшего зерна характеризуется не только повышенным содержанием активной α-амилазы, но и резко повышенной сахарообразующей способностью.

32

Установлено, что в молекулах амилаз имеются активные химические группы. В α- и β-амилазах активной является сульфгидрильная группа — SH. Окисление этой группы существенно снижает активность этих ферментов. Активность α-амилазы обуславливается в известной мере и ее периферическими группами.

Сахарообразующая способность муки тесно зависит в известной мере и от бедново-протеинового комплекса муки.

Усиление протеолиза в тесте (добавлением протеиназ или их активаторов) вызывает некоторое увеличение сахарообразования. Это может быть объяснено как бы вымыванием из теста (в результате протеолиза) части связанных им амилаз и крахмального субстрата, на который они действуют.

Суммируя изложенное, следует сказать, что сахарообразующая способность муки из нормального, непроросшего зерна пшеницы ввиду избыточного содержания β-амилазы в основном обуславливается атакуемостью ее крахмала. Чем мельче частицы муки, чем мельче зерна крахмала и чем в большей мере они повреждены при размоле зерна, тем выше сахарообразующая способность муки.

В муке же из проросшего зерна пшеницы дополнительное и почти решающее значение имеет содержание активной α-амилазы.

Собственные сахара и сахарообразующая способность муки как факторы, обуславливающие газообразование при брожении теста. Для выяснения роли собственных сахаров и сахарообразующей способности муки А. И. Островским в 1938 г. были проведены специальные опыты, показавшие, что в газообразовании, происходящем при брожении теста, участвуют как собственные сахара муки, так и сахара, образующиеся в тесте в результате амилолиза крахмала.

Однако собственные сахара муки играют существенную роль только в самом начале брожения теста. Успех же технологического процесса приготовления хлеба обуславливается газообразованием в конце брожения теста, во время расстойки и в начальной фазе выпечки.

Таким образом, газообразующая способность муки, хотя и зависит в известной мере от содержания в ней собственных сахаров, в основном все же определяется сахарообразующей способностью муки.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МУКИ

Показателем газообразующей способности муки принято считать количество миллилитров CO₂, выделившегося за 5 ч брожения теста из 100 г исследуемой муки, 60 мл воды и 10 г прессованных дрожжей.

При таком избыточном количестве дрожжей устраняется влияние возможных колебаний в их бродительной активности. В результате этого газообразование в тесте из исследуемой муки практически зависит только от содержания в тесте сбраживаемых дрожжами сахаров. Целесообразно при проведении определения фиксировать и количество газа, выделившегося после каждого часа

2 65

33

брожения, что дает возможность судить и о кинетике газообразования.

Следует иметь в виду, что для целей текущего производственного контроля нет необходимости определять газообразование в тесте из 100 г муки. Целесообразно применение уменьшенной аппаратуры, рассчитанной на порцию теста из 10—25 г муки. Экономится не только мука, но и место, занимаемое в лабораторной аппаратурой. Однако в этом случае результаты определения необходимо пересчитывать в величины, которые получались бы при проведении определения в тесте из 100 г муки.

В разных странах для определения газообразующей способности муки применяются различные приборы, которые могут быть отнесены к двум группам: приборы, измеряющие количество выделившегося углекислого газа (диоксида углерода) волюмометрически — по его объему, и приборы, в которых количество выделившегося газа определяется манометрически — по создаваемому газом давлению.

В практике лабораторий нашей хлебопекарной промышленности обычно применяют приборы, определяющие объем газа, выделяющегося при брожении. Эти приборы и методики определения на них газообразующей способности муки описаны в лабораторном практикуме и руководствах по технологическому контролю хлебопекарного производства [27, 34, 36].

технологическое значение газообразующей способности муки

Газообразующая способность муки имеет большое технологическое значение при выработке хлеба или хлебных изделий, рецептура которых не предусматривает внесения сахара в тесто.

Зная газообразующую способность перерабатываемой муки, можно предвидеть интенсивность брожения теста из этой муки на производстве, ход расстойки и с учетом количества и качества клейковины в муке — разрыхленность и объем хлеба.

Газообразующая способность муки влияет и на окраску корки пшеничного хлеба.

В тесте из муки с низкой газообразующей способностью сахара будут сброжены в первые часы его брожения. Недостаточная газообразующая способность муки не обеспечит в конце брожения теста такого содержания в нем сахаров, которое было бы достаточно для нормального брожения теста при расстойке и в первый период нахождения выпекаемой тестовой заготовки в печи. Хлеб из такого теста будет пониженного объема и плохо разрыхлен.

Цвет корки пшеничного хлеба также в значительной мере обусловлен количеством оставшихся в тесте несброженных сахаров. При прогреве поверхностного слоя выпекаемой тестовой заготовки, образующего корку, несброженные сахара вступают во взаимодействие с продуктами распада белка и образуют буроватоокрашенные вещества — меланоидины, которые придают корке хлеба специфическую золотисто-буроватую окраску, ценную потребителям.

Более подробно этот вопрос будет разобран при рассмотрении процессов, происходящих при выпечке хлеба.

Производственным опытом и экспериментами было установлено, что для получения хлеба с нормально окрашенной коркой необходимо, чтобы количество остаточных, не сброженных к моменту выпечки сахаров в тесте было не менее 2—3% на сухое вещество. При более низком содержании остаточных сахаров в тесте хлеб из него получается с бледноокрашенной коркой, даже в случае более длительной выпечки или выпечки при более высокой температуре.

Поэтому практики-пекари еще издавна называют муку с низкой газообразующей способностью «крепкой на жар». Партия такой муки нередко встречается при выпечке хлеба из пшеничной муки высшего и I сорта. Пшеничная мука II сорта и обойная, как правило, имеет достаточную газообразующую способность.

Чем выше выход муки, тем выше в ней содержание собственных сахаров и ферментативная активность, а вследствие этого и средний уровень ее газообразующей способности.

Резко повышенная как газообразующая, так и сахарообразующая способность муки может быть обусловлена пророслостью зерна, из которого смолота мука. Это должны учитывать производственные лаборатории, производящие анализ муки.

Сила пшеничной муки

Структурно-механические свойства теста имеют большое значение в процессе производства хлеба.

От способности муки образовывать тесто с теми или иными структурно-механическими свойствами зависит оптимальное соотношение в тесте муки и воды. Структурно-механические свойства теста влияют на работу тесторазделочных машин, на способность сформованных кусков теста удерживать CO_2 и на форму изделия в процессе расстойки и первого периода выпечки. Объем, структура пористости мякиша и форма готового хлеба также в значительной мере зависят от структурно-механических свойств теста.

понятие «сила муки»

Способность муки образовывать тесто, обладающее после замеса и в ходе брожения и расстойки определенными структурно-механическими свойствами, в производственной и исследовательской практике принято обозначать условным термином «сила муки»¹.

Сильной принято считать муку, способную поглощать при замесе теста нормальной консистенции относительно большое количество воды. Тесто из сильной муки очень устойчиво сохраняет свои

¹ Этим термином, приводимым далее без кавычек, мы в данном его понимании будем пользоваться в дальнейшем изложении.

структурно-механические свойства (нормальную консистенцию, эластичность и сухость на ощупь) в процессе замеса и брожения. Поэтому куски теста из сильной муки хорошо обрабатываются на округлительных машинах, их рабочие органы не замазываются.

Сформованные куски теста, обладая хорошей способностью удерживать углекислый газ, при расстойке и выпечке хорошо сохраняют свою форму и мало расплываются. Поэтому подовый хлеб из сильной муки при достаточной ее газообразующей способности хорошо разрыхлен, имеет большой объем и мало расплывается¹.

Слабой считают муку, которая при замесе теста нормальной консистенции поглощает относительно мало воды. Структурно-механические свойства теста из такой муки в процессе замеса и брожения быстро ухудшаются, тесто к концу брожения сильнее разжижается, становится малоэластичным, липким и мажущимся.

Куски такого теста часто замазывают рабочие органы округлительных и закаточных машин, затрудняя их работу. При расстойке и выпечке подовых изделий куски теста быстро и сильно расплываются. Газоудерживающая способность их при этом понижена. Поэтому хлеб из слабой муки получается пониженного объема и при выпечке на поду очень расплывчатым.

Средняя по силе мука по описанным свойствам занимает промежуточное положение между мукой сильной и слабой.

Факторы, обуславливающие силу муки

Из приведенного выше понятия силы муки следует, что она связана с факторами, обуславливающими структурно-механические свойства теста.

В основном сила муки определяется ее белково-протеиновым комплексом. На силу муки существенное влияние может оказывать и ряд других факторов. Установлено, что сила муки зависит и от содержания в ней, состояния и свойств крахмала, амилаз, высокомолекулярных пентозанов (слизей), липидов и ферментов, на них действующих, липопротеидов и гликопротеидов. Могут влиять на силу муки еще и отдельные другие содержащиеся в муке вещества, ферменты и ферментные системы.

Белково-протеиновый комплекс муки

Понятие «белково-протеиновый комплекс зерна, муки или теста» охватывает белковые вещества, протеолитические ферменты и активаторы или ингибиторы протеолиза. Эти компоненты белково-протеинового комплекса в их взаимодействии в основном обуславливают состояние и изменения белковых веществ и в связи с этим структурно-механические свойства теста.

¹ Тесто из очень сильной муки ввиду малой его способности растягиваться может обладать повышенной газоудерживающей способностью и поэтому давать хлеб, хотя и малорасплывчатый, но пониженного объема (обжирный).

Белковые вещества муки. Содержание в зерне, а отсюда и в муке, белковых веществ, их состав, состояние и свойства имеют первостепенное значение и в значительной мере определяют не только пищевую ценность хлеба, но и технологические хлебопекарные свойства пшеничной муки.

Отличительные особенности структурно-механических свойств пшеничного теста, сочетающего упругость (эластичность) с пластичностью и вязкостью, обусловлены именно белками муки. Ни крахмал, которого в муке около 70%, ни какая-либо другая, кроме белков, составная часть муки не способны при смешивании с водой образовывать массу, даже близкую по структурно-механическим свойствам к пшеничному тесту.

Количество белковых веществ в зерне пшеницы может колебаться в широких пределах — от 7 до 26%.

Содержание в зерне белка связано с особенностями сорта пшеницы. Однако зерно одного и того же сорта пшеницы может иметь резко различное содержание белка в зависимости от почвенно-климатических, погодных и агротехнических условий выращивания.

В состав белковых веществ зерна пшеницы и пшеничной муки входят в основном собственно белки — протеины. В небольших количествах содержатся в них и соединения белков с веществами небелковой природы — в протейды (липопротеиды, гликопротеиды и нуклеопротеиды).

Современной рациональной классификация белковых веществ — протейном — еще не разработано, поэтому применительно к белкам зерна и муки досих пор используется классификация, предложенная Осборном.

В основе этой классификации лежит подразделение белковых веществ по их способности растворяться в разных растворителях. По этому признаку белковые вещества подразделяют на приводимые ниже группы.

Альбумины — растворимые в воде. В качестве примеров приводим некоторые из них: лейкозин — белок зародыша пшеницы, леугмеллин — семя гороха и овальбумин — белок яйца.

Глобулины — растворимые в растворах солей, например в 10%-ном растворе хлорида натрия. К числу глобулинов относятся: леугмин — белок гороха, лактоглобулин — белок молока и др.

Проламинны — растворимые в 60—80%-ном (обычно 70%-ном) водном растворе этилового спирта. К проламинам относятся: глиадин — белок зерна пшеницы и ржи, горденин — ячменя, зеин — кукурузы, овенин — овса и др.

Глютелины — растворимые в 0,1—0,2%-ном растворе щелочей. Глютелинами являются: глютеин — белок зерна пшеницы и ржи, оризенин — риса и др.

Еще несколько десятков лет тому назад альбумин, глобулин, глиадин и глютеин зерна рассматривались как индивидуальные белки. Последующие исследования установили, что все эти четыре вещества многокомпонентны и каждое из них может быть соответствующими методами разделено на многие (до 20 и даже более)

компоненты (субъединицы), отличные по молекулярной массе, структуре и другим свойствам.

Поэтому правильнее рассматривать альбумин, глобулин, глиадин и глютенин зерна пшеницы и ржи, как многокомпонентные фракции белка зерна, искусственно выделяемые из него с помощью указанных выше соответствующих растворителей.

Соотношение альбумина, глобулина, глиадина и глютенина в белке зерна пшеницы и муке из него может существенно колебаться.

Глиадин и глютенин в воде нерастворимы и поэтому при отмывании из муки клейковины являются основными ее компонентами. В связи с этим их иногда называют «клейковинными белками». Глиадин и глютенин сосредоточены в белке эндосперма зерна. Альбумин же и глобулин в основном находятся в белке зародыша и алейронового слоя зерна. Исходя из этого в пшеничной муке высоких выходов (обойной и II сорта) доля альбуминовой и глобулиновой фракции значительно выше, чем в муке I и высшего сортов.

Достоверно то, что примерно от $\frac{2}{3}$ до $\frac{3}{4}$ белка зерна пшеницы и муки из нее представлено его глиадиновой и глютелиновой фракциями. При этом содержание глиадиновой фракции несколько выше, чем глютелиновой. Остальная часть белка зерна пшеницы представлена в основном его альбуминовой и глобулиновой фракциями.

По данным, приводимым Е. Д. Казаковым и В. Л. Кретовичем [10, с. 38], в белке зерна пшеницы альбуминовой фракции содержится 20—22%, глобулиновой 5—6%.

Молекулярная масса альбуминовой, глобулиновой, проламиновой (глиадин) и глютелиновой (глютеин) фракций, а также содержащихся в них компонентов различна в весьма широком диапазоне — от 10 тысяч до нескольких миллионов. Полагают, что у глютеина средняя молекулярная масса находится в пределах от 1,5 до 2 млн.

Частицы белкового вещества с молекулярной массой ниже 5—6 тысяч именуют уже не белками, а пептидами.

Молекулярная масса рассматриваемых фракций белка зерна, а также диапазон их «разброса» и степень сложности структуры наименьшие у альбуминовой и глобулиновой фракций, существенно большие у глиадина и наибольшие у глютеина.

В последнее десятилетие канадские исследователи белка зерна пшеницы ввели еще одну дополнительную стадию его фракционирования.

На 26 пробах зерна пшеницы, существенно различающихся по силе, они провели далее описываемые исследования. Зерно размалывалось в муку, в которой определяли содержание белка, а в нем по методике Осборна — содержание альбуминов, глобулинов, глиадина и глютеина. Выделенную глютелиновую фракцию дополнительно фракционировали по растворимости в 0,1 N водном растворе уксусной кислоты.

Растворимая часть глютеина рассматривалась как глютеин I, в нерастворимая как глютеин II. При этом в исследовавшихся пробах муки доля мас-

¹ Khan K., Buschuk W. Glutenin: Structure and Functionality in Bread-making — Cereal Chemistry, 1978, № 2, 14—20.

сы глютеина I (в % к общей массе белка в пробе муки) составляла от 5 до 27,5%, а доля глютеина II — от 15 до 37%.

В этих же пробах муки различия в соотношениях к белке муки альбуминов, глобулинов и глиадина не были статистически существенными. Из тех же проб муки режис-методом выпекали хлеб, объем которого выражался в процентах к единице массы белка в пробе муки. Между величинами таким образом выраженного объема хлеба и доли в белке муки глютеина I и глютеина II была установлена четкая выраженная обратная или прямая зависимость. Чем больше в белке муки глютеина I, тем ниже величина объема хлеба (г + 0,86). Чем больше было содержание глютеина II, тем больше был объем хлеба (г + 0,85). На этого справедливо было сделать заключение о том, что чем больше в белке муки глютеина II, тем больше будет объем хлеба при этом же содержании общего белка.

Из этого вытекает, что чем больше в пшеничной муке белка и чем больше в этом белке глютелиновой фракции, а в ней глютеина II, тем сильнее может быть мука.

В числе белковых веществ зерна пшеницы и пшеничной муки, кроме собственно белков (или протеинов), содержатся и протеиды — соединения белка с веществами небелковой природы, которые называют простетической группой. Протеиды подразделяют по химической природе их простетической группы. Так, например, у липопротеидов она представлена липидами, у гликопротеидов — углеводами, у укропротеидов — нуклеиновой кислотой. Наличие в зерне пшеницы и в пшеничной муке липопротеидов и гликопротеидов и их функциональные свойства, как будет далее показано, также влияет на силу пшеничной муки.

Протеолитические ферменты муки, их активаторы и ингибиторы. Протеолитические ферменты муки. Ферменты, гидролитически расщепляющие белки (протеины) по их пептидным связям, называют протеиназами.

При действии протеиназы на белок в качестве продуктов гидролиза образуются пептоны, полипептиды и свободные аминокислоты.

В зерне пшеницы, ржи и других злаков, как установлено рядом исследований, содержится протеиназа, относящаяся к протеолитическим ферментам типа папаиназ. Для протеиназ этого типа характерна их способность активироваться соединениями восстанавливающего действия, в частности соединениями, содержащими сульфгидрильную группу — SH (цистеин, глютамин). Столь же характерна способность протеиназ этого типа инактивироваться соединениями окислительного действия (KBrO₃, KIO₃, H₂O₂, кислород воздуха и др.).

Таким образом, указанные соединения восстановительного действия являются активаторами, а окислители — ингибиторами протеолиза.

Разрыв пептидной связи белка при гидролитическом действии протеиназы приводит к образованию свободных аминокислот и карбоксильной групп. Поэтому об интенсивности протеолиза биохимиками часто судят по приросту числа свободных аминных или карбоксильных групп, определяемому соответствующими химическими методами.

Уже в первые годы исследования действия протениаз на клейковину и тесто из пшеничной муки было установлено влияние протениаз на структурно-механические свойства этих объектов. Действие протениаз на клейковину и тесто вызывало очень сильное их разжижение, понижение упругости и увеличение текучести. В то же время количество свободных аминокислот и карбоксильных групп возрастало очень незначительно или даже оставалось неизменным.

Из этого можно заключить, что по меньшей мере начальной формой действия протениаз является не разрыв пептидных связей полипептидных цепочек белка, а дезагрегация белка, нарушение его четвертичной и третичной структур, а может быть и отдельных элементов вторичной его структуры.

Учитывая в основном дезагрегирующее действие протениаз муки, для химической характеристики ее активности было признано целесообразным определение количества водорастворимого азота и азота, не осаждаемого трихлоруксусной кислотой, накапливающегося в водно-мучной смеси в результате протеолиза. Эти показатели значительно лучше характеризуют активность протениаз муки и протеолиз мучного белка, чем показатели накопления аминокислот или карбоксильных групп, образующихся только в конечной стадии протеолиза, до которой процесс чаще всего и не доходит.

Принято считать, что протениза пшеничной муки имеет зону оптимума pH в пределах 6—6,5 и температурный оптимум около 45°C.

Следует отметить, что величины оптимума pH и температуры не только протениаз, но и амилаз и других ферментов могут быть различными для разных условий. Так, например, оптимум температуры может сдвигаться не только в зависимости от pH среды, но и от соотношения в ней субстрата и воды, от содержания в ней защитных коллоидов, а также от скорости и длительности прогрева. Это подтверждается исследованиями действия протениаз муки в реальных условиях пшеничного теста, показавшими, что температурный оптимум действия протениаз в тесте из пшеничной муки II сорта при влажности теста 50% равен примерно 70°C, а при влажности теста 70% снижается до 50°C. Эти данные получены при выдержке теста в течение 15 мин при той или иной испытываемой температуре. Увеличение длительности прогрева до 30 мин заметно снижало значения оптимума температуры.

Было установлено, что при 15-минутной длительности прогрева теста (pH 5,8) при 95°C не происходило еще полной инактивации протениаз. Следовательно, в центральных слоях мякиша даже готового пшеничного хлеба может сохраняться известная, очень незначительная протеолитическая активность.

Исследованиями, проведенными в 1975—1980 гг. в МТИППе (В. Л. Кротович, М. П. Полов, Е. Ф. Шаненко и др.), показано, что в зерне пшеницы имеются и могут играть существенную роль и протеолитические ферменты с оптимумом pH 6,75. Поэтому их назвали нейтральными протениазами.

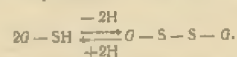
Было установлено, что в зерне пшеницы содержатся также и вещества белковой природы, могущие ингибировать действие нейтральных протениаз. В нормально созревшем зерне пшеницы активность нейтральных протениаз и ее ингибиторов хорошо уравновешена. Полагают, что нейтральные протениазы играют большую роль в процессе мобилизации запасных белков семян пшеницы при их прорастании. Ингибируют действие нейтральной протениазы также растворенная соль и ингибиторы протеолиза, в том числе и термостабильные, содержащиеся в клеточном соке картофеля. Нейтральные протениазы сохраняют часть своей активности и при величинах pH пшеничного теста. Поэтому целесообразно продолжать исследование их роли при брожении и созревании пшеничного теста и влияния на свойства теста и качество хлеба.

Активаторы и ингибиторы протеолиза. Способность липидов и протениаз зерна и муки активироваться восстановителями и инактивироваться окислителями связана с наличием в структуре белковых молекул этих ферментов групп —SH. Превращение этих групп при окислении в дисульфидные связи-мостики инактивирует фермент.

Активен же фермент только в его восстановленном состоянии, с наличием в его структуре групп —SH.

Активатором протеолиза, содержащимся в зерне, муке и дрожжах, а следовательно, и в тесте, является глутатион.

Глутатион представляет собой трипептид, в состав которого входит остаток цистеина, содержащий группу —SH. Если обозначить молекулу глутатиона как G—SH, то окислительно-восстановительное его превращение происходит по схеме



В окисленном состоянии глутатион уже не способен активировать протеолиз. Еще в 1935 г. Йоргенсен показал, что протениазы, имеющиеся в муке в достаточном количестве, при отсутствии активаторов (глутатиона или цистеина) малоактивны. Добавление же указанных активаторов резко усиливает протеолиз и вызванное им разжижение теста. Это было показано и в ряде работ, проведенных советскими исследователями. Активирующее протеолиз действие таких восстановителей, как глутатион (или цистеин), сводится к восстановлению —SH-групп, находившихся в неактивной протениазе в виде связей.

Отдельные исследователи еще в начале исследования протениаз и протеолиза теста указывали на возможность и прямого действия —SH-содержащих восстановителей и окислительных реагентов на белковые вещества муки и теста. В настоящее время это показано многочисленными исследованиями и общепризнано.

В составе и структуре белкового вещества зерна и муки содержатся остатки и аминокислот цистеина и цистина, а поэтому и группы —SH и —S—S—связи.

Роль дисульфидных —S—S—связей (мостиков) особенно существенна в третичной и четвертичной структуре белкового вещества.

Образование дисульфидных связей упрочняет внутримолекулярную (внутриглобулярную) структуру белка, делая ее более плотной и жесткой. Разрыв же дисульфидных связей вызывает ослабление структуры молекулы (глобулы) белка, делая ее более «рыхлой» и подвижной.

Аналогично влияет, вероятно, образование и разрыв дисульфидных связей и на более крупные надмолекулярные образования — агрегаты из ряда молекул белка.

Естественно, что различия в плотности и прочности структурных образований белка меняют не только структурно-механические

свойства белкового вещества, но я его состояние как субстрата, на который действует протениаза. Упрочнение структуры белкового вещества снижает, а ослабление и «разрыхление» увеличивает его атакуемость протениазой.

Содержание, изменение и роль —SH-групп и —S—S—связей белковых веществ зерна, муки и теста изучались очень многими исследователями.

Установлено, что в белках зерна, муки и теста содержатся как —SH-группы, так и —S—S—связи (в сумме примерно до 40 мк экв./г белка). Как абсолютное содержание, так и соотношение этих двух видов групп в белках отдельных сортов в образцах муки в известных пределах колеблется.

Можно считать, однако, установленным, что количество —S—S—связей примерно превышает количество —SH-групп. Так, например, количество —S—S—связей в белках клейковины может превышать количество —SH-групп в 10 и даже в 25 раз.

Таким образом, количество сульфидгидрильных групп, на которых при действии окислительных агентов могут образовываться дополнительные дисульфидные связи, относительно невелико.

Вопрос о возможном в этих условиях механизме улучшающего действия окислителей на структуру и физические свойства белка, клейковины и теста будет нами рассмотрен в последующих главах. Здесь мы отметим, что как общее количество —SH-групп, так, в частности, и содержание восстановленного глутатиона (G—SH) в отдельных частях зерна неодинаково. Установлено, что вещества, содержащие —SH-группы, размещены в основном в периферических частях зерна (в алевроновом слое и особенно зародыше).

При проращивании зерна содержание в нем восстановленного глутатиона резко увеличивается. Вследствие этого протеолитическая активность проросшего зерна также сильно повышается.

Установлено, что даже из относительно небольшого количества —SH-групп белков теста известная часть является «скрытой» (недоступной) и практически не участвующей в окислительно-восстановительных реакциях и энтальпийных процессах.

Другие соединения и факторы, влияющие на компоненты белково-протеиназного комплекса муки. Основная часть пшеницы и глютатиона, как указывалось выше, содержится в муке в окисленной форме (цистина или G—S—S—G), в которой они не способны ни активировать протениазу, ни непосредственно своим восстановительным действием разрывать дисульфидные связи в структуре белкового вещества.

В зерне пшеницы и муке из него содержатся и ферменты цистинредуктазы и глутатионредуктазы, которые являются дисульфидредуктазами.

Наличие этих ферментов в муке не может не влиять на количество —SH-групп в белках, а следовательно, и на их структуру, физические свойства и ферментативную атакуемость.

Есть экспериментальные данные, указывающие на то, что приобретение белками зерна пшеницы свойств, обуславливающих компактную и прочную структуру и структурно-механические свойства, характерные для «сильных» пшениц, связано с активностью и действием ферментов каталазы, пероксидазы, полифенолоксидазы и аскорбиноксидазы в период вегетации растения и формирования зерна.

Роль водородных связей в качестве фактора, могущего влиять на структуру белкового вещества зерна и муки и в итоге на

структурно-механические свойства клейковины и теста, еще недавно была экспериментально мало исследована. Высказывались лишь предположения о том, что эти относительно слабые и очень лабильные связи должны, очевидно, влиять на структуру и структурно-механические свойства белкового вещества муки, клейковины и теста.

Прямые эксперименты показали, что водородные связи также играют определенную роль в создании структуры и свойств клейковинного белка. Замена в белке водорода дейтерием, увеличивающая энергию водородной связи, заметно и закономерно влияла на структурно-механические свойства клейковины, «усиливая» ее. Установлено, что такое изменение энергии водородных связей вызывает и соответствующие изменения структурно-механических свойств пшеничного теста.

Рядом работ выявлено, что в структуре белкового вещества муки известную роль могут играть и соединения белка с восстанавливающим сахарами — так называемые гликопротеиды.

Образование таких комплексных соединений может приводить к возникновению в третичной и четвертичной структурах белкового вещества еще одного вида дополнительных связей — углеводных связей — мостиков, также упрочняющих структуру белкового вещества.

Липиды (жиры и жироподобные вещества) также способны образовывать соединения (комплексы) с белками — липопротеиды. Эти соединения также играют определенную роль в структуре и структурно-механических свойствах макрообразований белкового вещества, а отсюда и в структурно-механических свойствах клейковины и теста.

Имеются многочисленные работы и данные, свидетельствующие о том, что и фермент липоксигеназа, содержащийся в известных количествах в зерне и муке, также может через посредство образующих им перекисей ненасыщенных жирных кислот принимать участие в окислении —SH-групп белка зерна, муки и теста, а следовательно, влиять на их структуру и структурно-механические свойства.

КРАХМАЛ МУКИ КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА СИЛУ МУКИ

Крахмал является основной по количеству составной частью муки. В пшеничной муке его содержится около 70%. Поэтому содержание крахмала, его состояние и свойства не могут не влиять на структурно-механические свойства теста, а следовательно, и силу муки.

Чем больше в зерне и муке крахмала, тем соответственно ниже содержание белковых веществ и тем «слабее» обычно мука. Однако на структурно-механические свойства теста влияет не только содержание крахмала в муке, но и его свойства, в частности размер крахмальных зерен и степень их повреждения при размоле зерна. Чем мельче зерна крахмала муки, тем больше удельная их поверхность и тем больше воды будет ими адсорбционно связано при об-

разования теста. Это значит, что тесто из муки с более мелкими зернами крахмала или большей процентом мелких его зерен будет при этом же содержании воды более «густым» по консистенции.

Еще больше может влиять на консистенцию теста количество зерен крахмала, поврежденных при помоле. Поврежденные зерна крахмала способны впитать и адсорбционно связать значительно больше воды, чем неповрежденные. Поэтому, рассматривая факторы, влияющие на силу пшеничной муки, следует учитывать и влияние на нее содержания и свойств ее крахмала.

Известное влияние на структурно-механические свойства теста, а следовательно, и на силу муки может оказывать присутствие в ней α -амилазы.

ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ПЕНТОЗАНЫ (СЛИЗЬ) И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СИЛУ МУКИ

К пентозанам относят полисахариды, состоящие в основном из сахаров-пентоз, преимущественно D-ксилозы и L-арабинозы, а также D-галактозы.

Пентозаны входят в состав клеточных стенок растений. По происхождению и отдельным свойствам они близки к гемицеллюлозам. Вместе с целлюлозой, лигнином и пектиновыми веществами они образуют клеточные стенки растительных тканей. Однако пентозаны, типичные для клеточных стенок, нерастворимы в воде, хотя и растворяются в слабых растворах щелочей.

Целое зерно пшеницы и ржи содержит от 8 до 10% пентозанов. Наиболее высоко содержание их в оболочках и ялейровом слое (30—50%) и значительно ниже (2,5—4,5%) в эндосперме зерна.

Таким образом, при сортовом помоле основная часть пентозанов лежит в пределах 2,3—4%. Чем больше выход муки и содержание в ней частиц измельченных оболочек зерна, тем выше может быть содержание в ней пентозанов.

Общее содержание пентозанов в пшеничной и ржаной муке того же выхода различается незначительно. В ржаной муке пентозанов лишь не намного больше, чем в пшеничной. В эндосперме зерна пентозаны содержатся в очень тонких межклеточных его стенках (пленках).

Часть пентозанов эндосперма зерна (муки) способна при комнатной температуре очень легко набухать и растворяться, точнее пептизироваться, в воде, образуя при этом очень вязкий слизиобразный раствор. Поэтому водорастворимые пентозаны муки часто называют слизями или слизистыми веществами. Именно водорастворимая часть пентозанов муки может, очевидно, оказывать наибольшее влияние на структурно-механические свойства теста.

Из общего количества пентозанов пшеничной муки лишь 20—24% являются водорастворимыми. В ржаной муке около 40% пентозанов, способных растворяться в воде.

Если учесть, что гидрофильность слизей очень велика и они способны при гидратации увеличиваться в объеме, то очевидно, что именно значительно более высокой долей водорастворимых пентозанов объясняется сравнительно более высокая водопоглощательная способность ржаной муки.

Известную роль в тесте могут играть и пентозаны муки, нерастворимые в воде. По меньшей мере часть их способна к интенсивному набуханию в воде и, следовательно, к связыванию влаги.

Исследованию состава, структуры, свойств и возможной технологической роли слизей муки в процессе приготовления хлеба посвящен ряд работ. Была установлена способность концентрированных растворов (золей) водорастворимых пентозанов (и вытяжек из муки) при ничтожно малых добавках окислительных агентов превращаться в гели, имеющие внутреннюю трехмерную структурную основу. Следовательно, в тесте при окислительном воздействии могут изменяться структура и структурно-механические свойства не только белков, но и водорастворимых пентозанов.

Получены данные о влиянии слизей и на доступность крахмала муки воздействию на него амилаз, на температуру и скорость клейстеризации крахмала.

Отмечено тормозящее действие слизей на черствение хлеба. Исследовался и вопрос ферментативного расщепления водорастворимых пентозанов муки, в частности при проращении зерна.

ЛИПИДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СИЛУ МУКИ

По химическому составу липиды обычно делят¹ на простые и сложные. Простые липиды не содержат азота и фосфора. В группу сложных липидов входят: фосфолипиды, глицериниды и липопротейды. В самостоятельные группы липидов выделяют жирорастворимые пигменты, стеринны, витаминны.

В зерне и муке содержатся как простые, так и сложные липиды. Часть липидов зерна и муки находится в связанном состоянии, в виде адсорбционных комплексов, а частично, вероятно, и в виде химических соединений с белками (липопротеиды) и углеводами (гликолипиды).

Содержание липидов в муке ниже, а в отрубях, особенно зародыше, значительно выше, чем в целом исходном зерне. Следует также отметить, что чем меньше выход и зольность пшеничной муки, тем относительно ниже содержание в ней липидов.

В табл. 5 мы приводим принятые в нашей стране [39] данные о содержании золы и липидов в зерне мягкой озимой пшеницы и в пшеничной муке отдельных сортов.

Данные, приведенные в табл. 5, позволяют отметить, что общее содержание липидов, всех жирных кислот и полиненасыщенных жирных кислот практически прямолинейно возрастает по мере повышения зольности пшеничной муки и у обойной муки примерно в 2 раза выше, чем у муки высшего сорта.

С точки зрения силы муки очень существенно, что для жирнокислотного состава липидов зерна характерно преобладание полиненасыщенных жирных кислот, представленных в основном линолевой

¹ Нечаев А. П., Сандлер Ж. Ю. Липиды зерна. — М.: Колос, 1975, — 160 с. Указатель литературы и этой книги охватывает 126 источников.

Таблица 5

Злаки и продукты	Содержание липидов, г на 100 г				
	в зерне	в муке высших сортов			
		высшего сорта	I сорта	II сорта	обойной
Злаки	1,7	0,5	0,7	1,1	1,5
Сумма липидов	2,11	1,08	1,20	1,81	2,15
Триглицериды ¹	1,14	0,29	0,32	0,60	1,01
Фосфолипиды	0,46	—	0,30	—	—
5-ситостерин	0,08	—	0,03	—	—
Сумма жирных кислот	1,54	0,76	0,86	1,31	1,54
В том числе					
линоленовая	0,92	0,48	0,53	0,77	0,89
линолеиновая	0,07	0,03	0,03	0,04	0,06
Итого полиненасыщенных жирных кислот	0,99	0,51	0,56	0,81	0,95

¹ Обычны (триглицериды) алколы три-, ди- и моноглицериды соответствуют соответственно триглицеридам, диацилглицеринам и моноацилглицеринам.

² Среднее содержание в процентах.

кислотой и очень небольшим количеством линоленовой кислоты. Доля этих полиненасыщенных жирных кислот в общем их количестве у зерна пшеницы равна 64,3%, у муки высшего сорта 67,1%, у муки обойной 61,7%.

Преобладание в составе липидов зерна и муки полиненасыщенных жирных кислот особенно важно, так как их наличие связано с сырьем и зерном, содержащим такие ферменты, как липаза и липоксигеназа.

Отметим, что среди злаков наибольшей активностью липазы в зерне выделяется овес. Зерно пшеницы имеет относительно наименьшую активность липазы. В зерне ржи активность липазы несколько выше.

При созревании зерна активность липазы снижается, при хранении покоящегося зерна она удерживается на минимальном уровне, а при прорастании зерна быстро и резко возрастает.

Распределение липазы в зерне неравномерно. Меньше всего ее содержится в эндосперме, значительно больше в периферических слоях зерна и особенно в зародыше.

В зародыше зерна пшеницы активность липазы выше, чем в эндосперме, более чем в 200 раз. В связи с этим между выходом и зольностью муки, с одной стороны, и активностью и ней липазы — с другой, существует очень тесная прямая зависимость.

Наличием в муке липазы вызывается расщепление части ее жира в процессе хранения и связанное с этим повышение кислотности муки.

Липаза гидролитически расщепляет триглицериды липидов с образованием глицерина и свободных жирных кислот, в том числе и полиненасыщенных.

Липоксигеназа катализирует окисление молекулярным кислородом воздуха ненасыщенных жирных кислот — линолевой, линоленовой и арахидоновой, превращая их в гидропероксиды, которые сами могут быть активными окислителями.

Действие липоксигеназы на олеиновую кислоту, имеющую в своей структуре лишь одну двойную связь, столь медленно и незначительно, что им практически можно пренебречь.

Липоксигеназа действует на двойные связи приведенных выше жирных кислот не только в свободном их состоянии, но и в составе триглицеридов — жиров. Окисление свободных ненасыщенных жирных кислот происходит, однако, легче и быстрее. Поэтому действие липоксигеназы в известной мере сопряжено с действием липазы, сопровождающимся образованием при гидролизе жира свободных жирных кислот.

Липоксигеназа содержится в семенах многих растений.

Наиболее велика липоксигеназная активность семян сои. В несколько раз ниже она у семян гороха. Зерно пшеницы и ржи обладает значительно более низкой, но все же практически значимой липоксигеназной активностью. Активность липоксигеназы наибольшая при температуре 30—40°C и при pH среды 5—5,5.

Гидропероксиды, образующиеся при действии липоксигеназы на полиненасыщенные жирные кислоты муки, сами могут быть активными окислителями. Поэтому они могут вызывать окисление — SH-групп протенина, глутатиона и остатков цистеина в полипептидных цепочках самого белка.

В результате этого упрочняется и уплотняется структура (четвертичная и третичная) самого белка и понижается его атакуемость протеиназами. Окисление же —SH-групп протенина и глутатиона муки дополнительно снижает интенсивность протеолиза.

Есть работы, позволяющие предполагать, что гидропероксиды окисляют и имеющуюся в муке тиоктовую кислоту, превращая ее в моноокисную форму, которая затем окисляет —SH-группы белков в глутатиона муки или теста.

Наличие в зерне и муке липазы, липоксигеназы и жира, богатого полиненасыщенными жирными кислотами, также является фактором, не могущим не влиять в известной мере на силу пшеничной муки. Это было подтверждено исследованиями, проведенными в 1969—1971 гг. в МТИПФ.

Фосфолипиды. Содержание фосфолипидов в зерне и муке относительно невелико. В зерне пшеницы их чуть менее 0,5%, а в муке I сорта — 0,2%.

Основную часть фосфолипидов зерна и особенно муки составляет лецитин (фосфатидилхолин), значительно меньшую — другие фосфолипиды.

Из результатов ряда исследований можно заключить, что фосфолипиды могут и непосредственно влиять на структурно-механические свойства клейковины и теста.

Еще в 1947 г. было установлено, что при замесе из муки теста резко возрастает доля липидов муки, находящихся в связанном состоянии. Так, в при-

мие, в муке в «свободном» состоянии находилось около 70% от общего количества липидов. В тесте же из этой муки в свободном состоянии находилось всего 6% от общего количества липидов. Следовательно липиды присутствуют в основном путем образования липопротеиновых комплексов или соединений (липопротениды). Было показано, что в первую очередь и предпочтительно связываются фосфолипиды.

Было также замечено, что липиды особенно сильно связываются глютеиновой фракцией белка клейковины. Исходя из того, что эта фракция белка клейковины составляет более 80% общего количества липидов клейковины, было даже высказано предположение о липопротенидной ее природе.

Электронно-микроскопические и рентгеноструктурные исследования макроструктуры клейковины показали наличие в ней фосфолипидных структурных элементов (бимолекулярных прослоек).

На основе этих данных в 1961 г.* была предложена гипотетическая липопротеиновая модель структуры клейковины, которая позволяет логично объяснить специфические структурно-механические свойства, присущие клейковине пшеничной муки.

Гликолипиды. В 1970 г. группа американских исследователей пришла к заключению, что полимеры гликолипиды (моногалактозилдиглицерид и дилактозилдиглицерид) могут быть связаны с глицериновой фракцией клейковины гидрофильными связями, а с глютеиновой фракцией — гидрофобными связями. Комплекс «глицерид — гликолипид — глютеин» рассматривается как структурный элемент клейковины, обуславливающий ее газодерживающую способность в тесте. Из этого следует, что и гликолипиды, очевидно, могут влиять на силу пшеничной муки.

Клейковина и сила пшеничной муки

Белковые вещества муки способны в присутствии воды при замесе и последующей отжке или брожении теста интенсивно набухать. При этом нерастворимые в воде фракции белкового вещества муки — глицериновая и глютеиновая — образуют вязкую упругую, пластичную, способную растягиваться массу, называемую клейковиной.

Еще в 1728 г. Беккарн выделял клейковину из пшеничного теста путем отмывания водой крахмала, частичек измельченных оболочек и большей части растворимых в воде составных частей муки.

В пшеничном тесте набухшие нерастворимые в воде белки образуют его непрерывную губчато-сетчатую структурную основу (как бы «каркас» или «скелет»), в значительной мере обуславливающую структурно-механические свойства теста, а следовательно, характеризующую и силу муки. Поэтому содержание в пшеничной муке клейковины и ее свойства, в первую очередь структурно-механические, можно рассматривать как один из основных показателей силы муки.

Отмытая из теста и отжатая «сырая» клейковина содержит значительное количество воды. Содержащие воды в сырой клейковине

* Grubbenthal J. C. A Lipoprotein Model of Wheat Gluten Structure. — Cereal Chemistry, 1961, № 4, 336—349 с.

может колебаться в широких пределах (обычно от 150 до 250% к массе сухих веществ). Можно отметить определенную зависимость между влагоемкостью клейковины и ее структурно-механическими свойствами. Чем больше влагоемкость клейковины, тем обычно «слабее» она по структурно-механическим свойствам (тем меньше ее упругость и сопротивление растяжению и тем больше ее растяжимость и расщепляемость).

Сила клейковины, очевидно, связана с плотностью и прочностью «упаковки» ее белкового вещества в его третичной и четвертичной структуре, обусловленной количеством дисульфидных и иных возможных связей. Чем плотнее и прочнее эта упаковка, тем меньше воды может быть внутроструктурно поглощено и связано набухающими белковыми веществами клейковины.

Хотя основой клейковины являются набухшие белковые вещества, в состав ее сухого вещества входят не только белки. При обычном способе выделения клейковины отмываем ее водой из теста в ней может содержаться от 75 до 90% белка. Остальные 10—25% составляют крахмал, клетчатка, зольные элементы, сахара и липиды.

Крахмал и клетчатку, содержащуюся в частицах измельченных оболочек, можно в основном рассматривать как трудно и поэтому не полностью отделяемые механические примеси в клейковине. Сахара же и липиды, как явствует из предыдущего изложения, могут находиться в клейковине в связанном виде как в форме адсорбционных комплексов, так частично и в виде соединений (гликолипидов и липопротенидов).

Глицериновая и глютеиновая фракции, искусственно выделенные из белка муки или клейковины, существенно различаются по отдельным своим свойствам. Помимо различий в размерах макромолекул и молекулярной массе было отмечено, что глютеиновая фракция связывает около 80% липидов, содержащихся в клейковине. Существенно отметить, что эти две белковые фракции резко различаются и по их структурно-механическим свойствам.

На рис. 3 показаны различия в структурно-механических свойствах гидратированных глютеиновой и глицериновой фракций белка и сырой клейковины из одной и той же муки.

Гидратированный глютеин (рис. 3, а) представляет собой массу резановобразную, короткорастяжимую при большом сопротивлении деформации, упругую и относительно «жесткую».

Масса гидратированного глицерина (рис. 3, б) жидкая (сиропообразная) по консистенции, сильно растяжима, вязкотекучая, липкая и не упруга.



Рис. 3. Демонстрация различий в структурно-механических свойствах: а — глютеин; б — глицерин; в — клейковина

Сырая же клейковина (рис. 3, а) сочетает в себе структурно-механические свойства и глютеиновой и глиадиновой ее фракций и в этом отношении занимает как бы промежуточное положение.

Еще много лет тому назад отдельные исследователи искали в соотношении в клейковине глиадиновой и глютеиновой фракций показатель качества клейковины, а отсюда и структурно-механических свойств теста в качества хлеба. Однако сколько-нибудь закономерной связи между этим соотношением и другими указанными показателями не было установлено. Это может быть объяснено тем, что при этом учитывали всю массу глютеиновой фракции белка муки, а не массу ее «субфракции», называемой как глютеин II и представляющей собой часть глютеиновой фракции, нерастворимой в 0,1 н. растворе уксусной кислоты. Мы уже отмечали, что именно содержание этой субфракции глютеина хорошо коррелирует с объемом хлеба и структурно-механическими свойствами теста.

Следует отметить, что белки зерна пшеницы и клейковины пшеничной муки способны адсорбировать отдельные ферменты (β -амилазу, каталазу, полифенолоксидазу и протениазу), поэтому обладают и соответствующей каталитической активностью.

Между содержанием в зерне пшеницы или в пшеничной муке белковых веществ и клейковины существует прямая зависимость. Чем выше содержание белка в муке, тем обычно выше и количество отмываемой из нее клейковины.

Исключениями могут являться партии муки из отдельных видов дефектного зерна (пораженного клопом-черепашкой, самосогревавшегося или сильно перегретого в процессе сушки), из которых отмывание клейковины затруднено и связано с большими ее потерями, а иногда и вообще невозможно.

Чем больше в муке клейковины и чем лучше она по своим структурно-механическим свойствам, тем сильнее мука.

ОБЩАЯ ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИХ СИЛУ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Основным фактором, обуславливающим силу пшеничной муки, является ее белково-протенизный комплекс.

Чем больше в муке белка, чем плотнее и прочнее его структура и, следовательно, ниже его атакуемость протениазой; чем меньше в муке активность протениазы и активаторов протеолиза (восстановленного глютеина), тем сильнее мука и тем лучше и устойчивее будут структурно-механические свойства теста из нее. Поэтому же чем выше содержание в муке клейковины и чем лучше ее структурно-механические свойства, тем сильнее мука.

Известное влияние на силу муки оказывают и содержащиеся в ней липиды — жиры, богатые ненасыщенными жирными кислотами, фосфатиды, липопротейды и гликолипиды.

Липиды муки способны влиять на структуру и структурно-механические свойства белкового «остова» теста и самого теста. По-

мимо этого, ненасыщенные жирные кислоты жира муки под действием липоксигеназы образуют гидропероксиды, в свою очередь окисляющие —SH-группы белка с образованием —S—S—связей-мостиков, упрочняющих структуру белка. Таким образом, липиды муки прямо или косвенно путем окислительного воздействия влияют на структурно-механические свойства белка и теста, а следовательно, на силу муки.

Водорастворимые пентозаны (слизи), а также и размеры в состоянии зерен крахмала, как было выше показано, могут иметь известное самостоятельное влияние на структурно-механические свойства теста и силу муки.

Состояние и свойства белков муки и теста зависят от их окислительно-восстановительного потенциала, обусловленного наличием в муке ряда окислительно-восстановительных систем. Сдвиг этого потенциала в сторону увеличения восстановительного действия ослабляет структуру белков и активизирует протениазу муки, а следовательно, снижает силу муки. Сдвиг же в сторону окислительного действия упрочняет структуру белка, ингибирует протеолиз и увеличивает силу муки.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ СИЛЫ МУКИ

Сила муки определяет количество воды, потребное для получения теста нормальной консистенции, а также изменение структурно-механических свойств теста при брожении и в связи с этим — поведение теста в процессе его механической разделки и расстойки.

Сила муки обуславливает газоудерживающую способность теста и поэтому наряду с газообразующей способностью муки определяет объем хлеба, величину и структуру пористости его мякиша. При обычном режиме процесса приготовления теста из муки с достаточной сахаро- и газообразующей способностью объем хлеба возрастает по мере увеличения силы муки. Однако объем хлеба из очень сильной муки в этих условиях обычно меньше, чем из муки сильной и средней по силе. Обусловлено это резко повышенным сопротивлением теста растяжению и меньшей способностью такого теста растягиваться под давлением увеличивающихся в объеме пузырьков CO_2 . Это приводит к соответствующему снижению газоудерживающей способности теста, а отсюда и к уменьшению объема хлеба.

Для получения из очень сильной пшеничной муки хлеба максимального объема структурно-механические свойства теста должны быть несколько ослаблены. Это может быть достигнуто изменением режима приготовления теста: усилением его механической обработки, некоторым повышением температуры, увеличением количества воды в тесте или добавлением препаратов, форсирующих протеолиз в тесте.

Кроме того, сила муки определяет формоудерживающую способность теста, а в связи с этим при выпечке подового хлеба — его расплываемость.

Как следует из сказанного, сила пшеничной муки является одним из решающих факторов ее хлебопекарного достоинства.

Методы определения силы муки

Сила пшеничной муки может быть установлена либо путем определения содержания и качества клейковины, от которых в основном зависят структурно-механические свойства теста, либо путем непосредственного определения структурно-механических (реологических) свойств теста из оцениваемой муки. Могут быть для этой цели использованы и иные пути (определение набухаемости муки в растворе органических кислот, пробные выпечки и др.). В нашей стране силу зерна пшеницы и пшеничной муки в производственных лабораториях оценивают в основном по содержанию и качеству клейковины.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ ПО СОДЕРЖАНИЮ И КАЧЕСТВУ КЛЕЙКОВИНЫ

Для установления силы муки этим путем необходимо определение содержания в муке клейковины и ее качества. Методы этих определений кратко рассматриваются ниже.

Определение содержания в пшеничной муке клейковины и ее влагоемкости. Определение содержания в муке сырой клейковины по ГОСТ 9404—60 «Мука и отруби. Методы испытаний» производится отмытием ее водой из теста, замешенного из 25 г муки и 13 мл воды, после 20 мин его отлежки (при $18 \pm 2^\circ\text{C}$). Количество отмытой и отжатой клейковины выражают в процентах к массе муки (без учета ее влажности). Проведение замеса теста и отмыкания клейковины предусмотрено вручную. Детали методики описаны в соответствующих руководствах [27, 34, 36].

Для исключения влияния субъективного фактора на результаты определения содержания клейковины и ее свойства необходима механизация замеса теста, из которого будет отмыкаться клейковина, и процесса ее последующего отмыкания.

Необходимые для механизации этих процессов лабораторная тестомесилка и установка для отмыкания клейковины (УОК-1 и МОК-1) описаны в лабораторном практикуме [27]. Содержание клейковины целесообразно выражать в процентах к массе муки при базисной ее влажности (14,5%).

Разработанная в МТИПСе уточненная методика определения содержания в пшеничной муке клейковины также приведена в лабораторном практикуме.

Следует отметить, что в ряде стран для замеса теста и отмыкания клейковины вместо воды применяется 2%-ный раствор поваренной соли, что существенно сказывается на количестве и свойствах отмываемой клейковины.

Определение в пшеничной муке содержания сухой клейковины ГОСТом не предусмотрено.

ГОСТ 10966—64 «Зерно. Методы определения количества и качества клейковины» включает в метод определения содержания в зерне пшеницы сухой клейковины, предусматривающий высушивание 4 г сырой клейковины, растянутой тонким слоем на часовом стекле (или чашке Петри), в сушильном шкафу при 105°C в течение 3—4 ч с последующим охлаждением в эксикаторе и контрольным высушиванием в течение еще 1 ч.

Для практических целей быстрое и достаточно точное определение содержания в муке сухой клейковины производится на влагомере ВНИИХП-В4 высушиванием в течение 8 мин навески сырой клейковины (4 г) при температуре $160 \pm 2^\circ\text{C}$ в бумажном пакете с переворачиванием его через 4 мин.

Влагоемкость клейковины определяют по разности массы навески сырой клейковины и массы полученной сухой клейковины, выраженной в процентах к массе сухой клейковины.

Методика определения качества клейковины. Определение качества клейковины может производиться органолептическими или объективными методами.

Органолептическое определение качества клейковины. Опытный лаборант еще в процессе отмыкания клейковины, проводимого вручную, получает известное представление об ее свойствах. ГОСТ 9404—60 предусматривает характеристику качества клейковины по ее растяжимости и упругости, определяемым вручную, а также по ее цвету, устанавливаемому визуально. По растяжимости и упругости (эластичности) клейковина подразделяется на качественные группы: I (лучшая), II (средняя) и III (худшая).

Мы полагаем, что при оценке качества клейковины по органолептически определяемым признакам ее качества целесообразны следующие ее качественные группы.

1. Клейковина очень слабая. Клейковина этой качественной группы характеризуется тем, что сразу же после отмыкания образует сплошную липкую и жидкую по консистенции массу. В процессе отмыкания такая клейковина влажная, прилипает к пальцам рук и с трудом от них отделяется. Поэтому часть клейковины в процессе отмыкания обычно теряется. Комочек такой клейковины после отмыкания очень быстро расползается. При растягивании клейковина почти не оказывает сопротивления и может быть вытянута без разрыва на очень большую длину. После отлежки такая клейковина часто настолько разжижается, что превращается в липкую сметанообразную по консистенции массу, растекающуюся между пальцами. Упругость такой клейковины ничтожна.

Как правило, клейковина этой качественной группы получается из муки, смолотой из зерна пшеницы, в значительной степени поврежденного клещами.

2. Клейковина слабая. После отмыкания слабая клейковина образует связный комоч. Она по консистенции и упругости заметно лучше, чем клейковина очень слабая. Растяжимость и расползаемость клейковины сразу после отмыкания хотя и высокая, но заметно меньшая, чем у клейковины очень слабой.

Однако при отлежке после отмыкания структурно-механические свойства слабой клейковины резко ухудшаются. Клейковина сильно разжижается, быстро расползается, растяжимость ее значительно увеличивается, сопротивление растяжению и упругость резко снижаются.

3. Клейковина средняя по силе. После отмиывания средняя по силе клейковина образует связный комоч, достаточно упругий, имеет среднюю консистенцию, растяжимость и расплываемость. После часовой отлежки заметно, но в меньшей мере, чем слабая клейковина, разжижается, растяжимость и расплываемость ее увеличиваются, упругость сохраняется удовлетворительная.

4. Клейковина сильная. Непосредственно после отмиывания обладает большой упругостью и незначительной растяжимостью и расплываемостью. После отлежки эти свойства мало изменяются.

5. Клейковина очень сильная. В процессе отмиывания получается в виде грубого, малосвязного комка. После отлежки превращается в сплошную однородную массу, весьма яркую по консистенции, очень упругую, очень мало растяжимую и расплывающуюся. При растяжении оказывает очень большое сопротивление.

Клейковина из муки, полученной из зерна пшеницы, неустойчиво перегрето-го в процессе сушки или иной термической обработки, после отмиывания получается в виде очень мелких комочков — крошек, практически не способных слепиться и образовывать сплошную однородную массу даже после определенного времени отлежки. Такую клейковину слезовало бы характеризовать термином «крошащаяся», предупреждающим о дефектности ее в хлебопекарном отношении, и рассматривать ее как клейковину чрезмерно сильную.

Отнесение клейковины по ее органолептической оценке к одной из пяти описанных качественных групп хотя бы примерно определяет ее качество и структурно-механические свойства. Применение такой системы органолептической оценки свойств клейковины позволило бы заменить случайную словесную характеристику этих свойств указанием номера качественной группы, одновременно являющегося как бы баллом пятибалльной шкалы оценки качества клейковины.

Однако разграничение по качественным группам проб клейковины, близких по качеству, остается затруднительным при любой системе органолептической оценки свойств клейковины. Поэтому был разработан и испытан в исследовательской и производственной практике ряд объективных способов оценки качества клейковины, позволяющих выражать качество клейковины в числовых значениях показателей тех или иных ее свойств.

Объективные методы определения качества клейковины. Для определения качества клейковины практическое применение в производственном контроле находят две группы методов: 1) методы, основанные на определении набухаемости или дептизации клейковины в растворах кислот и 2) методы, основанные на определении структурно-механических (реологических) свойств клейковины (растяжимости, расплываемости, упругости и др.).

Из методов первой группы в отдельных странах (Чехословакия, ГДР, ФРГ и др.) принято определение набухаемости клейковины в 0,002 н. растворе молочной кислоты. Чем сильнее клейковина, тем больше объем кусочков определенной навески клейковины, набухших в этом растворе за определенное время.

Предлагался и ряд методов установления качества клейковины по степени пенитизации ее в растворе молочной или других органических кислот, определяемой по степени помутнения этого раствора или по его вязкости. Применение этих методов не вышло, однако, за пределы отдельных научно-исследовательских учреждений.

Наиболее перспективны для применения в производственных лабораториях объективные методы второй группы, основанные на

измерении структурно-механических свойств клейковины. Из этих методов рассмотрим количественное определение растяжимости клейковины. Еще в 1937 г. нами была разработана методика определения растяжимости клейковины растяжением ее пробы (5,0 г) вручную над масштабной линейкой с выражением результата в сантиметрах.

На рис. 4 показано изменение растяжимости клейковины сразу после отмиывания и через 1, 2 и 3 ч отлежки в воде при 30°C. Этот график наглядно показывает, что чем слабее клейковина, тем больше ее растяжимость и тем больше она возрастает по мере отлежки отмытой клейковины.

Аналогичный метод определения растяжимости вручную предусмотрен в ГОСТ 9404—60 для 4,0 г клейковины пшеничной муки после 15 мин ее отлежки в воде при 18±2°C.

Если из 25 г муки отмиывается меньше 4,0 г сырой клейковины, то допускается определение растяжимости на фактически отмытом ее количестве. В этом случае величина растяжимости клейковины, выраженной в сантиметрах, теряет практический смысл, так как она не сопоставима с величинами растяжимости 4,0 г клейковины.

Определение растяжимости клейковины вручную, несомненно, субъективно. Однако лаборант, тщательно соблюдающий единообразную методику растяжения жгутика клейковины, может получать результаты, удовлетворительно совпадающие при повторных определениях.

Методика определения расплываемости клейковины была разработана в 1937 г.

Расплываемость клейковины характеризуется размером среднего диаметра контура расплывшегося за 60 мин шарика из 10 г клейковины (D_{60}), выражаемым в миллиметрах либо разностью средних диаметров (ΔD) контура шарика клейковины через 60 мин расплывания (D_{60}) и начального (D_0). Тогда $\Delta D = D_{60} - D_0$ мм.

Чем слабее клейковина, тем больше значения D_{60} или ΔD .

Качество клейковины по ее структурно-механическим свойствам может быть определено и количественно выражено по ряду описанных ниже методов с применением соответствующих приборов.

1. В 1941 г. нами совместно с Г. И. Воскресенским был разработан прибор для определения качества клейковины, названный ластометром. Этот прибор был конструктивно усовершенствован в механической лаборатории ВНИИХПа в серийно выпускался заводом МОСКИП.

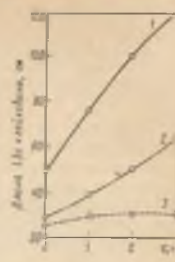


Рис. 4. График растяжимости 5 г клейковины: 1 — слабая; 2 — средняя; 3 — сильная

Определение качества клейковины заключается в загрузке шарика из 2 г клейковины в канал корпуса шприца и выпрессовывании его под действием груза массой 3,0 кг через калиброванное отверстие наконечника шприца.

Чем сильнее клейковина, тем большее время необходимо для выпрессовывания ее навески. Длительность выпрессовывания клейковины на пластометре (сек.) выражается в секундах.

2. С 1958 г. мы в МТИППе начали работать над приспособлением современных автоматизированных пенетрометров (далее сокращенно — АП) для определения на них качества и свойств отдельных видов сырья, полуфабрикатов и готовой продукции хлебопекарного производства. При этом использовались АП марок: Лабор III, тип ОВ-204 (производимый в ВНР), затем АП-1/4, а позднее АП-4/2 (производимые народным предприятием «Файн-месс» в ГДР).

Для определения на АП качества клейковины в МТИППе были разработаны три методики.

2.1. Определение качества клейковины по показателю K_{20} , выражающему глубину погружения (пенетрации) в клейковину тела погружения АП.

Проба (4,0 г) отмытой клейковины по втулке соответствующего приспособления подпрессовывается при 20°C в течение 20 мин. Затем приспособление с подпрессованным образцом клейковины устанавливается на подъемном столике пенетromетра до соприкосновения поверхности клейковины (в торце втулки приспособления) с нижним концом тела погружения пенетromетра, находящегося в верхнем исходном положении. После этого нажимаем на соответствующую кнопку прибора мгновенно растормаживается система погружения и под действием ее массы (равной, например 100,0 г) тело погружения внедряется (погружается) в пробу клейковины.

По истечении установленного времени (например, 5 с) система погружения автоматически мгновенно затормаживается. На матовом стекле смотрового окна прибора при этом видна увеличенная светлая проекция положения микрошкалы системы погружения, показывающая, на какую глубину тело погружения опустилось (внедрилось) в пробу клейковины. Шкала пенетromетра имеет 300 (или 400) делений, каждое из которых соответствует 1 единице пенетрации (ед. п.) или 0,1 мм глубины внедрения тела погружения в пробу исследуемого продукта.

Глубина погружения в клейковину (мы обозначили ее как показатель K_{20} клейковины), выраженный в ед. п., будет тем больше, чем слабее клейковина, и тем меньше, чем она сильнее. Показатель K_{20} может быть у очень слабой клейковины равен 250 и более ед. п., у сильной клейковины 100 и менее ед. п.

Значения показателя K_{20} клейковины хорошо коррелируют со значениями показателей ее качества, определявшихся другими объективными методами. Однако определение на АП показателя K_{20} требует комплектации этого прибора дополнительными устройствами, в том числе и металлическим грузом массой 3 кг.

Поэтому для определения качества клейковины на АП мы разработали еще два метода, по принципу определения отличных от определения K_{20} .

2.2. Определение на АП показателя $H_{сж}^{АП}$ клейковины. Этот показатель выражает высоту пробы клейковины в ее сжатом состоянии.

2.3. Определение на АП показателей $H_{сж}^{АП}$ и $\Delta H_{сж}^{АП}$ клейковины. Эти показатели (сперва $H_{сж}^{АП}$, а затем $\Delta H_{сж}^{АП}$) определяются на одной и той же пробе клейковины. Оба эти метода разрабатывались и испытывались на пенетromетре АП-4/1 и АП-4/2.

В лабораторном практикуме [27, работа 5] детально описаны АП и методика определения на нем $H_{сж}^{АП}$ и $\Delta H_{сж}^{АП}$ клейковины. Поэтому мы здесь ограничимся лишь очень краткой характеристикой принципа определения этих показателей качества клейковины.

Вместо тела погружения в системе погружения АП закрепляется «тело сжатия» (тонкий стержень с круглым плоским диском диаметром 50 мм), на стержень которого насаживается плоский съёмный диск массой 74 г.

При этом общая масса системы сжатия равна 100 г. На подъемный столик устанавливается и фиксируется на нем цилиндрический пластмассовый стаканчик, повернутый вверх дном, которое имеет диаметр 50 мм.

Проба (4 г) клейковины формируется в виде шарика и отлеживается в воде при 20°C. После этого шарик укладывают в центре дна стаканчика, установленного на столике пенетromетра, и затем растормаживают на 5 с систему сжатия АП, после чего система автоматически затормаживается и фиксируется по шкале пенетromетра высота сжатой пробы ($H_{сж}$). Затем удаляют съёмный груз, после чего масса системы равна только 26 г, а нагрузка $P=0,275$ Н. Затем система сжатия растормаживается и ввиду уменьшения нагрузки на пробу клейковины вследствие упругости высота ее частично восстанавливается. Степень увеличения высоты пробы за 15 с и является показателем $\Delta H_{сж}^{АП}$. Величины показателей $H_{сж}^{АП}$ и $\Delta H_{сж}^{АП}$ выражаются в единицах шкалы пенетromетра, каждая из которых соответствует высоте или изменению высоты пробы клейковины на 0,1 мм.

Чем более сильна и упруга клейковина, тем больше значения ее показателей $H_{сж}^{АП}$ и $\Delta H_{сж}^{АП}$. Так, например, значение $H_{сж}^{АП}$ очень сильной клейковины — более 65 ед. п., а очень слабой — менее 43 ед. п.

3. Начиная с 1970 г. серийно выпускается прибор — измеритель деформации клейковины лабораторный типа ИДК-1. Описание этого прибора и методика определения на нем качества клейковины изложены в лабораторном практикуме [27, работа 4].

Здесь мы отметим лишь, что проба (4 г) клейковины в виде шарика, отлеживавшегося в течение 15 мин в воде при 18±2°C, помещается на диск опорного столика прибора и затем диском-пуансоном под нагрузкой $P=1,18$ Н в течение 30 с подвергается деформации сжатия.

После этого по шкале прибора (от 0 до 120 ед. прибора, с делениями на интервалы по 5 ед.) фиксируется степень опускания пуансона вниз, отражающего величину деформации сжатия пробы клейковины, которую мы обозначим $H_{сж}^{ИДК}$. Чем больше опустился пуансон, тем больше величина этого показателя. Одна единица шкалы пенетromетра соответствует опусканию пуансона на 0,07 мм. Величина тем больше, чем слабее клейковина, и тем меньше, чем клейковина сильнее.

Взаимозависимость между отдельными показателями качества клейковины. Между величинами отдельных показателей качества клейковины, отражающих ее структурно-механические свойства, существует четко выраженная прямая или обратная зависимость. Так, например, по мере возраста-

ния силы клейковины увеличиваются показатели $H_{\text{сж}}^{\text{АП}}$ и $\Delta H_{\text{сж}}^{\text{АП}}$ и снижаются показатели K_{20} , $H_{\text{сж}}^{\text{ИДК}}$, растяжимости и распыляемости клейковины.

Определение всех указанных выше показателей предусматривает предварительное формование из образца (4 г) клейковины шарика для последующей его предварительной отлежки в воде при установленной температуре или для прямого определения распыляемости.

Если клейковина после отмыывания не способна образовывать связного и однородного во всей массе шарика, то определение его структурно-механических свойств будет давать явно искаженные результаты. Такую несвязную, а часто и крошащуюся клейковину чаще всего получают из перегретого при сушке или при самосогревании зерна пшеницы.

Эта клейковина явно дефектна и, по нашему мнению, не подлежит количественному определению ее качества объективными методами. Пшеничная мука с такой несвязной и крошащейся клейковиной также должна оцениваться как дефектная по хлебопекарным свойствам.

Установлена и экспериментально проверена закономерная связь между силой клейковины, определенной количественно объективными методами, например по численным значениям показателей $H_{\text{сж}}^{\text{АП}}$, или $H_{\text{сж}}^{\text{ИДК}}$, и ее влагоемкостью¹. Чем сильнее клейковина, тем ниже ее влагоемкость. Это позволяет, зная содержание в муке сырой клейковины и показатель ее силы (например, значение $H_{\text{сж}}^{\text{АП}}$), разработанным в МТИППе методом определить в данной муке содержание сухой клейковины, а следовательно, и влагоемкость клейковины.

Показатели силы муки, комплексно отражающие содержание в муке клейковины и ее качество. Структурно-механические свойства теста, а следовательно, и сила пшеничной муки зависят от количества и от качества (структурно-механических свойств) клейковины, содержащейся в муке. Поэтому ни содержание клейковины в муке, ни любой показатель ее качества, взятые в отдельности, не могут в достаточной мере характеризовать силу муки. Исходя из этого, силу муки лучше будут характеризовать показатели, численное значение которых комплексно отражает и содержание в муке клейковины, и ее качество. Поэтому в ряде стран разработаны показатели, численное значение которых зависит и от содержания в муке (зерне) клейковины и от значения показателя ее качества.

Эти комплексные показатели отражают содержание в муке (зерне) либо сырой клейковины (в Австрии, в ПНР), либо сухой клейковины, что целесообразнее, так как содержание сухой клейковины лучше коррелирует с содержанием в муке (зерне) белка, которое существенно с точки зрения пищевой ценности хлеба. При этом как показатель качества клейковины учитывают: в Авст-

¹ В литературе это свойство клейковины называют и гидратационной способностью.

рии и в Чехословакии — набухаемость клейковины в растворе молочной кислоты; в Польше при определении «клейковинного числа» по Богущу — распыляемость клейковины.

Нами в МТИППе также были разработаны показатели, значение которых комплексно отражает содержание в муке клейковины, и такие показатели ее качества, как $K_{20}^{\text{АП}}$, $H_{\text{сж}}^{\text{ИДК}}$ и $H_{\text{сж}}^{\text{АП}}$. Эти показатели называются бонитационным числом (сокращенное обозначение B_4) и с учетом показателя качества клейковины соответственно обозначаются $B_4 - K_{20}^{\text{АП}}$, $B_4 - H_{\text{сж}}^{\text{ИДК}}$ и $B_4 - H_{\text{сж}}^{\text{АП}}$.

В основу определения показателей принято:

- B_4 выражается в баллах, максимальное количество которых для наиболее сильной муки с наибольшим содержанием наиболее сильной клейковины равняется 100 баллам;
- из этих 100 баллов за содержание в муке сухой клейковины может быть вычислено до 50 баллов и за величину показателя силы клейковины тоже до 50 баллов;
- за содержание сухой клейковины вычисляется тем больше баллов, чем оно выше в пределах от 6,1 до 20% на сухое вещество муки. При содержании сухой клейковины в количестве 6% и менее количество вычисляемых баллов равно нулю, а при 20% и выше равно максимальному количеству — 50 баллов.

В связи с тем что содержание сухой клейковины в производственных лабораториях обычно экспериментально не определяется, составлены номограммы и таблицы для расчетного определения ее содержания исходя из экспериментально установленных величин содержания сырой клейковины и показателя ее силы ($K_{20}^{\text{АП}}$, $H_{\text{сж}}^{\text{АП}}$ или $H_{\text{сж}}^{\text{ИДК}}$). При этом учитывалось, что чем сильнее клейковина, тем относительно ниже ее влагоемкость:

- за показатели качества клейковины, отражающие ее силу, вычисляется соответственно от 0 до 50 баллов;
- сумма баллов, вычисляемых за содержание сухой клейковины и за ее силу, равна численному значению B_4 . Чем ближе B_4 к 100 баллам, тем сильнее пшеничная мука;
- при содержании сухой клейковины менее 6,0% на сухое вещество или при клейковине, крошащейся или расплывающейся в руках, не способной к образованию связного комка, мука оценивается как не удовлетворяющая требованиям балльной оценки, и ее сила в баллах не выражается.

Значения B_4 значительно лучше коррелируют с соответствующими другими показателями силы муки (показателями структурно-механических свойств теста или объема хлеба, полученного методом пробной режис-выпечки), чем значения отдельно взятых показателей количества или силы клейковины.

Детальное изложение методики определения $B_4 - H_{\text{сж}}^{\text{ИДК}}$ и $B_4 - H_{\text{сж}}^{\text{АП}}$ к необходимым для их определения расчетные таблицы приводятся в руководстве по лабораторному практикуму [27, работа 7].

В 1969 г. во ВНИИЗе был разработан¹ метод определения силы зерна пшеницы по показателю, называемому комплексным критерием (далее сокращенно — КК), путем определения на приборе ИДК-1 показателя $H_{\text{сж}}^{\text{ИДК}}$ в ед. прибора всей массы клейковины, отмытой из 15 г измельченного зерна (шрота). Значение этого показателя при этом и являлось значением КК, одновременно отражающим и количество отмытой клейковины, и ее качество. Чем

¹ А. с. 233285 (СССР) — Б. И., 1969, № 2.

больше масса пробы клейковины и чем она сильнее, тем меньше будет деформация на приборе ИДК-1 и, следовательно, значение KK , определенное на этом приборе (в соответствии с принятыми нами обозначениями этот показатель обозначаем как $KK-H_{\text{ИДК}}^{\text{ИДК}}$).

Для зерна мягкой пшеницы численные значения этого показателя, по данным ВНИИЗа, были в пределах: у сильной пшеницы от 25 до 67, у средней по силе — от 68 до 82 и у слабой — от 83 до 120 ед. прибора.

Исходя из описанного выше принципа определения силы зерна пшеницы по показателю $KK-H_{\text{ИДК}}^{\text{ИДК}}$, мы в МТИПе разработали и экспериментально проверяли определенные силы пшеничной муки по показателям $KK-H_{\text{ИДК}}^{\text{ИДК}}$ и $KK-H_{\text{АП}}^{\text{АП}}$.

Численные значения $KK-H_{\text{ИДК}}^{\text{ИДК}}$ у пшеничной муки, так же как и у зерна пшеницы, были тем меньшими, чем сильнее мука. Значения же $KK-H_{\text{АП}}^{\text{АП}}$, наоборот, были тем большими, чем сильнее мука.

Детали проведения определения этих показателей в пшеничной муке опубликованы¹.

В табл. 6 приведены результаты математико-статистической обработки данных определения в одних и тех же пробах пшеничной муки, различной по силе, величин показателей $BЧ$ и KK , определявшихся с применением приборов ИДК и АП-42.

Таблица 6

Сопоставляемые показатели		Число проб муки n	Коэффициент корреляции r	Уравнение регрессии
x	y			
$KK-H_{\text{ИДК}}^{\text{ИДК}}$	$KK-H_{\text{АП}}^{\text{АП}}$	11	$-0,959 \pm 0,09$	$y = -0,6 x + 106$
$BЧ-H_{\text{АП}}^{\text{АП}}$	$BЧ-H_{\text{ИДК}}^{\text{ИДК}}$	25	$+0,993 \pm 0,025$	$y = -1,1 x - 3,3$
$BЧ-H_{\text{ИДК}}^{\text{ИДК}}$	$KK-H_{\text{ИДК}}^{\text{ИДК}}$	25	$-0,989 \pm 0,031$	$y = -1,7 x + 153$
$BЧ-H_{\text{АП}}^{\text{АП}}$	$KK-H_{\text{ИДК}}^{\text{ИДК}}$	25	$-0,986 \pm 0,033$	$y = -1,3 x + 135$
$BЧ-H_{\text{АП}}^{\text{АП}}$	$KK-H_{\text{АП}}^{\text{АП}}$	11	$+0,972 \pm 0,078$	$y = x + 21,5$

Данные, приведенные в табл. 6, позволяют отметить следующее: между численными значениями $KK-H_{\text{ИДК}}^{\text{ИДК}}$ и $KK-H_{\text{АП}}^{\text{АП}}$ существует очень четко выраженная обратная линейная зависимость ($r = -0,959$), а между $BЧ-H_{\text{АП}}^{\text{АП}}$ и $BЧ-H_{\text{ИДК}}^{\text{ИДК}}$ — прямая зависимость ($r = +0,993$); очень высока корреляция и между сопоставляемыми численными значениями $BЧ$ и KK , определенными на ИДК и на АП (в пределах $0,972-0,989$); приведенные в табл. 6 уравнения регрессии позволяют пересчитать численные значения любого из сопоставляемых показателей $BЧ$ и KK в численные значения соответствующего другого показателя.

¹ См. Улучшители качества пищевых продуктов: Межвузовский сборник научных трудов/Минвуз РСФСР, МТИП. — М., 1977, с. 77—83.

Из этого следует достаточно высокая математико-статистическая достоверность и взаимосвязанность всех рассматриваемых показателей $BЧ$ и KK , исключающая практическую целесообразность определений и $BЧ$ и KK . Какой же из них следовало бы определять?

В условиях производственного контроля проще и менее трудоемко определение KK .

Определение же $BЧ$ требует еще проведения некоторой расчетной работы. В этом преимущество определения силы пшеничной муки по KK .

Однако численное значение KK не дает технологу прямого ответа на вопрос о качестве (силе) клейковины, поскольку оно отражает не только силу клейковины, но и ее количество в муке. Поэтому мы в методике определения KK по $H_{\text{ИДК}}^{\text{ИДК}}$ пробы клейковины приводим и номограмму, позволяющую по численным значениям $KK-H_{\text{ИДК}}^{\text{ИДК}}$ и массы отмытой из 15 г муки клейковины, определить и численное значение $H_{\text{ИДК}}^{\text{ИДК}}$ 4 г клейковины, являющееся уже прямым показателем качества клейковины.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ МУКИ ПО СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИМ (РЕОЛОГИЧЕСКИМ) СВОЙСТВАМ ТЕСТА

Сила пшеничной муки характеризует ее способность образовывать тесто, обладающее определенными структурно-механическими свойствами. Исходя из этого, методы определения структурно-механических свойств теста одновременно являются и методами определения силы муки.

Реологические свойства теста. Тесто является сводным комплексом — полидисперсоидом, обладающим определенной внутренней структурой и весьма своеобразными непрерывно изменяющимися структурно-механическими свойствами.

В зависимости от вида деформации, ее скорости и длительности тесто может вести себя то как идеально упругое тело, то как вязкое, то как сочетающее эти свойства, т. е. относящееся к упруго-вязким материалам.

В тесте сочетаются такие свойства, как упругость, пластичность, прочность, вязкость, способность к релаксации напряжений и упругому последствию. Реологические свойства теста зависят от таких факторов, как температура, влажность, продолжительность и интенсивность механического воздействия на тесто, рецептура, способ приготовления и длительность брожения теста, хлебопекарные свойства и в первую очередь сила муки и др.

Приготовление теста и его переработка сопровождается сложными физико-химическими, биохимическими, микробиологическими и механическими процессами, влияющими на его структурно-механические свойства. Поэтому исследование структурно-механических свойств полуфабрикатов и продуктов хлебопекарного производства представляет большой не только научный, но и практический интерес.

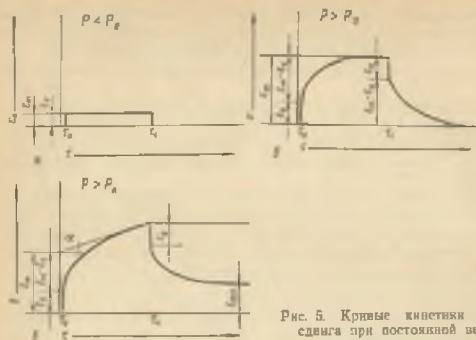


Рис. 5. Кривые кинетики деформации сдвига при постоянной величине P

Значительную роль в развитии теории и методов исследования структурно-механических свойств разных продуктов и материалов сыграли работы П. А. Ребиндера и его школы, М. П. Воляровича и ряда других советских исследователей.

На основе современных представлений, развиваемых П. А. Ребиндером и его школой, структурно-механические свойства теста могут быть охарактеризованы кривыми деформации теста во времени при постоянном напряжении. Кривые кинетики деформации получают в период приложения нагрузки и после ее снятия.

Для получения таких кривых деформации теста могут быть использованы: прибор Бейлера — Ребиндера, работающий по принципу тангенциального смещения пластины в исследуемом продукте; прибор Шведова и Воляровича с коническими пиллирами, из которых внутренний поворачивается в исследуемом продукте; прибор Толстого, несколько видоизмененный Николаевым, на котором чистый сдвиг осуществляется в слое теста между плоскостями твердыми поверхностями в отсутствие пристенного скольжения.

Для материалов, обладающих комплексом структурно-механических свойств, в зависимости от приложенного постоянного напряжения (P) возможны три типа кривых кинетики деформации, изображенные на рис. 5.

1. При $P < P_A$ (P_A — нижний предел упругости) может быть получена кривая кинетики деформации типа, изображенного на рис. 5, а. В этих условиях деформации исследуемый материал ведет себя как идеально упругое тело. Деформация ϵ_0 , условно-мгновенно (практически за 0,5—1 с) достигнутая в момент t_0 , является чисто упругой деформацией, сохраняющейся постоянной во все время приложения напряжения.

В момент снятия напряжения t_1 вся упругая деформация полностью исчезает.

Однако для структурированных высокомолекулярных систем, какой является тесто, значения P_A весьма малы и близки к нулю. Поэтому кривая кинетики деформации типа, изображенного на рис. 5, а, для теста практически вряд ли может быть получена.

2. При $P > P_A$ (P_A — предел текучести данного материала) кривая кинетики деформации будет иметь вид, изображенный на рис. 5, б.

При этих условиях исследуемый материал испытывает условно-мгновенную упругую деформацию ϵ_0 . Затем начинается период упругого последдействия, в котором деформация нарастает до некоторого предела ϵ_m и далее сохраняет свое значение неизменным до момента снятия приложенного напряжения.

Упругое последдействие обусловлено неоднородностью материала по его структуре и составу, в связи с чем упругие деформации развиваются в разных частях материала с различным замедлением. Упругое последдействие характерно для эластичных или упруговязких материалов.

В момент снятия приложенного напряжения t_1 практически мгновенно спадает условно-мгновенная упругая деформация и затем постепенно с затухающей скоростью спадает в деформации упругого последдействия ($\epsilon_m - \epsilon_0$).

Как видно, при этом режиме испытания все виды деформации являются упругими и полностью обратимыми.

3. При $P > P_A$ кривая кинетики деформации будет иметь вид, изображенный на рис. 5, в.

В момент t_0 происходит условно-мгновенная упругая деформация ϵ_0 . Однако в связи с тем что $P > P_A$, дальнейший ход кривой кинетики деформации при постоянном значении P отражает не только эластичную деформацию упругого последдействия, но и постепенно нарастающую остаточную, необратимую деформацию. На этом участке кривой скорость развития деформации во времени стремится к наименьшему, постоянному для данного материала при данном режиме испытания значению скорости развития остаточной деформации $(d\epsilon/dt)_{ост}$.

С момента достижения этого значения скорости деформации происходит уже только остаточная деформация. Исследуемый материал переходит в состояние стационарного течения.

Общая упруговязкая деформация характеризуется на оси ординат отрезком ϵ_m , отсекаемым лунктивным продолжением прямой части этого участка кривой. Угол α наклона этого прямого участка кривой остается постоянным независимо от длительности опыта. Отрезок $\epsilon_m - \epsilon_0$ на оси ординат характеризует величину эластичной деформации упругого последдействия.

При снятии в момент t_1 приложенного напряжения практически мгновенно спадает условно-мгновенная деформация ϵ_0 и затем постепенно со все падающей скоростью, спадает эластичная деформация упругого последдействия. Однако последствие имевшее место при испытании материала остаточная необратимая деформация после прекращения обратной (разгрузочной) деформации наблюдается остаточная деформация $\epsilon_{ост}$. Остаточная (после разгрузки системы) деформация может быть определена по формуле

$$\epsilon_{ост} = \epsilon_1 (d\epsilon/dt)_{ост}.$$

Для характеристики структурно-механических свойств теста и подобных ему материалов могут быть использованы в качестве сравнительных показателей:

1) модуль мгновенной упругости E_1 , определяемый по формуле

$$E_1 = P/\epsilon_0;$$

2) модуль упругого последдействия (модуль эластичности) E_2 , определяемый по формуле

$$E_2 = P/(\epsilon_m - \epsilon_0);$$

3) релаксационная вязкость η_1 , представляющая собой вязкость в условиях течения, возникающего при $P > P_A$ и определяемая по формуле

$$\eta_1 = P - P_A / (d\epsilon/dt)_{ост} = P - P_A / \epsilon_{ост}';$$

4) условная вязкость упругого последдействия η_2 , определяемая при $P > P_A$ и P_A по формуле

$$\eta_2 = (P - P_A) / (d\epsilon/dt)_0,$$

где $(d\epsilon/dt)_0$ равно начальной, наибольшей скорости развития эластичной деформации упругого последдействия; при $P > P_A$

$$\eta_2 = \frac{(P - P_A)}{(d\epsilon/dt)_0 - (d\epsilon/dt)_{ост}};$$

Более детально основы реологии пищевых продуктов изложены в специальных руководствах [16].

В последние годы в реологии пищевых продуктов все большее внимание стали уделять их текстуре.

Под текстурой пищевого продукта понимают те его свойства, которые человек органолептически ощущает при прикосновении к продукту или его откусывании и в процессе употребления его в пищу — откусывании, разжевывании и проглатывании.

Одной из задач реологии пищевых продуктов является установление зависимости между характером и интенсивностью органолептически воспринимаемых ощущений текстуры продукта и его физико-реологическими инструментально определяемыми свойствами, а также и с его макро- и микроструктурой.

Применительно к хлебопекарному производству существенную роль текстура может играть при органолептической оценке состояния и структурно-механических свойств полуфабрикатов (опары, теста и др.), особенно при определении качества и состояния готовой продукции (хлеба, булочных и других видов изделий), что будет рассмотрено в гл. XIV.

Методы определения в производственных лабораториях силы муки по структурно-механическим свойствам теста. В производственных лабораториях хлебопекарной промышленности для определения силы пшеничной муки по структурно-механическим свойствам теста из нее могут быть применены ниже описываемые методы.

Определение силы муки по распыляемости шарика теста. Этот метод был разработан в МТИППе в 1937 г. Определяется распыляемость шарика из 100 г теста заданной влажности при 30°C за 60, 120 и 180 мин. При этом фиксируются численные значения среднего диаметра контура шарика теста (в мм): начального (D_0), через 60 мин (D_{60}), через 120 мин (D_{120}) и через 180 мин (D_{180}). Численные значения этих показателей выражаются в мм. Чем сильнее мука, тем соответственно ниже их численные значения.

Для текущего производственного контроля вполне достаточно определение D_0 и D_{60} шарика теста. Описание методики определения дано в лабораторном практикуме (см. [27], работа 9).

Определение силы муки по консистенции теста. Для объективного определения консистенции теста применяют специальные приборы — консистометры (пенетрометры). С помощью этих приборов определяют консистенцию теста по глубине погружения (пенетрации) в него тела погружения определенной формы, за определенное время в под определенной нагрузкой ($P_{\text{погр}}$) системы погружения. В МТИППе еще в 1936 г. был разработан метод определения консистенции теста на консистометре погружения, изготовлявшемся заводом МОСКИП.

Готовили тесто с влажностью, постоянной для каждого сорта муки, и температурой 30°C . Замешанное тесто в течение 60 мин подвергалось автолизу при той же температуре. Затем определяли глубину пенетрации тела погружения прибора в тесто, выражавшуюся в ед. шкалы прибора. Этот показатель мы обозначали K_{60} теста. Численное значение K_{60} теста было тем больше, чем слабее была мука, и тем меньше, чем она была сильнее.

В последующие годы нами была разработана и методика определения K_{60} теста на современных автоматизированных пенетрометрах (АП-4/1, АП-4/2 и др.).

В данной методике мы приняли проведение автолиза теста в течение 60 мин не при 30 , а при 35°C . Это повысило степень дифференциации величин K_{60} теста для проб пшеничной муки, различных по силе. Детальное описание методики дано в лабораторном практикуме [27, работа 8].

Определение силы муки на фаринографе. Фаринограф, производимый фирмой «Брабендер», применяется в мукомольной и хлебопекарной промышленности многих стран.

Основными частями фаринографа (рис. 6,а) являются: месалка 1; электродвигатель-динамометр 2; стойки 3 электродвигателя-динамометра; система рычагов 4, соединяющая корпус электродвигателя-динамометра с указывающим и самопишущим устройствами; масляный амортизатор 5; указывающее устройство 6; самопишущее устройство 7; волюной термостат 8, в котором температура воды на заданном уровне поддерживается автоматически. Термостат снабжен центробежным насосом, прогоняющим воду по резиновым трубкам между двойными стенками месалки и масляного амортизатора 5 в направлении, указанном на схеме стрелками. Для измерения количества воды, заливаемой в месалку, служит бюретка 9.

Порядок работы и принцип действия фаринографа таковы. В коритце месалки 1 засыпают определенное количество муки, а из бюретки 9 вливают необходимое количество воды. Количество заливаемой воды определяется во время пробного замеса и должно обеспечить получение теста с заданным уровнем максимальной консистенции. Тестомесалка имеет две фсальные месильные лопасти, вращающиеся в противоположных направлениях. Вал месалки муфтой соединяется с валом электродвигателя-динамометра 2. Отличием этого электродвигателя-динамометра от обычного электродвигателя является то, что его статор не закреплен на плите машины, а способен вращаться вокруг своей оси, концы его (шпильки для вала ротора) находятся в подшипниках стоек 3.

Конструкция и принцип действия электродвигателя-динамометра таковы, что чем больше сопротивление, оказываемое тестом, замешиваемым в месалке месильными рычагами, тем больше отклонится электродвигатель-динамометр от своего исходного положения, слегка поворачиваясь вокруг своей оси.

Отклонения электродвигателя-динамометра системой рычагов 4 передается стрелке указывающего устройства 6 и перу самопишущего устройства 7. Уменьшение сопротивления замешиваемого теста вызывает обратное смещение электродвигателя-динамометра, а следовательно, стрелки указателя и пера самопишущего прибора.

Назначение детали 5 — амортизировать рычки, вращающиеся вследствие периодического изменения сопротивления теста месильными рычагами. Сопротивление это меняется вследствие того, что фсальные лопасти вращающихся рычагов то сходятся, то расходятся. Даже после амортизации этих рычков кривая, записываемая прибором, как мы увидим ниже, отражает все же отдельные колебания с различной и переменной амплитудой.

Между двойными стенками амортизатора прогоняется вода, температура которой с помощью терморегулирующего устройства термостата поддерживается на постоянном уровне, что обеспечивает неизменную вязкость масла.

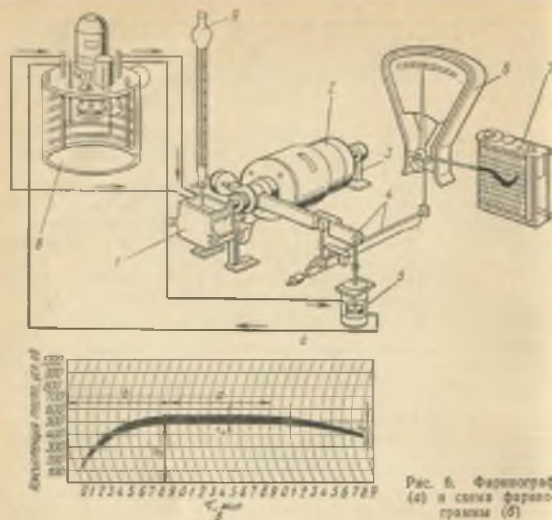


Рис. 6. Фаринограф (а) и сыма фаринограммы (б)

При исследовании структурно-механических свойств теста в процессе его замеса с помощью фаринографа получается кривая—фаринограмма (рис. 6, б).

Фаринограммы замеса характеризуют следующие свойства теста:

1. Консистенция теста, максимальная величина которой на рисунке обозначена размером 4.

Как видно из приведенной фаринограммы, консистенция теста изменяется в течение всего времени замеса: увеличивается в первый период замеса, удерживается затем некоторое время на максимально достигнутом уровне и постепенно снижается от середины шарпы полосы кривой.

Обычно рекомендуют испытывать различные образцы муки при постоянном численном значении минимальной консистенции теста, обозначенной на сетке фаринограммы цифрой 500 (вся сетка по ширине разбита на 1000 условных единиц). Размер 4 характеризует заданную величину максимума консистенции.

2. Время образования теста, т. е. время в течение которого величина консистенции исследуемого в процессе замеса теста достигает своего максимума. Численное значение этого показателя обозначено размером 6.

3. Стабильность и растяжимость теста, характеризующиеся шириной полосы кривой (показатель—амплитудой колебания ширины самонаматывающегося прибора, из которого эта полоса складывается).

На этом максимальное достигнутое численное значение эластичности в зависимости обозначено размером 7.

Чем выше кривая (чем больше амплитуда колебаний), тем эластичнее и растяжимее тесто в этот момент.

4. Стабильность (устойчивость) теста, характеризующаяся длительностью сохранения тестом максимального уровня консистенции при замесе. Численное значение этого показателя характеризуется размером 8.

5. Разжижение (размягчение) теста, соответствующее разности между максимальной достигнутой при замесе консистенцией K_{max} и величиной в конечный момент замеса. Численное значение этого показателя на фаринограмме обозначено размером 9.

Однако фаринограф можно использовать не только для изучения структурно-механических свойств теста во время замеса, но и для исследования изменения структурно-механических свойств теста в процессе брожения или автолиза.

При такого рода испытаниях замешивают не только муку и воду, но и дрожжи (если хотят изучить тесто в процессе его брожения) и любые другие, обуславливаемые целью опыта добавки.

После замеса определенной длительности (обычно 10 мин) месильку останавливают и тесту дают в течение часа бродить (или просто оставляют в покое для автолиза), после чего месильку вновь включают и в течение определенного времени производят как бы обминку теста, затем оставляют еще на час в покое и после второй обминки снова оставляют на час в покое, чередуя эти приемы в течение всего времени, обусловленного назначением опыта.

На рис. 7 приведена фаринограмма двухчасового брожения теста, замешанного из муки, воды и дрожжей.

Первый отрезок кривой характеризует изменение структурно-механических свойств теста в процессе замеса в течение 10 мин. Первый отрезок соответствует первому часу брожения теста. Следующий за этим отрезок кривой характеризует структурно-механические свойства в процессе второй ритмичной обминки теста; второй отрезок соответствует второму часу брожения, после чего идет кривая второй обминки.

Для количественного сопоставления различных фаринограмм между собой желательна на цифровая характеристика.

Для цифровой характеристики фаринограмм замеса была установлена необходимость фиксировать следующие показатели:

1) численное значение максимальной консистенции K_{max} , выражаемое в условных единицах консистенции (нанесенных на сетку листы фаринографа);

2) консистенцию теста в момент окончания замеса (обминки) и в случае, если замес длится 50 мин.— K_{50} и т. д., вычисляемую в тех же условных единицах консистенции;

3) консистенцию теста в определенных промежуточные моменты

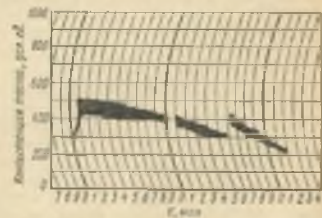


Рис. 7. Фаринограмма двухчасового брожения теста

менты замеса; например, при замесе в течение 60 мин фиксировалось значение не только a_{max} и b_{max} , но и a_{10} и b_{10} .

4) значение a_{10} , b_{10} и т. д., определяемое по разности между a_{max} и a_{10} , a_{10} и т. д., выражаемое в тех же условных единицах консистенции;

5) время достижения замешиваемым тестом максимальная консистенции b , выражаемое в минутах;

6) величину максимальной эластичности и растяжимости теста c , выражаемую в миллиметрах ширины полос кривой, причем попутно фиксируется и время достижения этого максимума; например, если после 2 мин замеса достигнут максимум эластичности теста при ширине кривой в этот момент 17 мм, то $c_{max} = c_2 = 17$ мм;

7) эластичность и растяжимость теста в момент окончания замеса во все промежуточные моменты, когда фиксируется численное значение показателя консистенции теста.

При цифровой обработке фаринограммы брожения (или аятолиза) для первого отрезка кривой замеса фиксируются величины:

$$a_{max}, b, a_{10}, c_{10}, c_{max} \text{ и } c_{10}.$$

Для каждого из последующих отрезков кривой, соответствующих очередной пятиминутной обминке, фиксируются величины:

$$a_{max}, b, a_{10}, c_{10}, c_{max} \text{ и } c_{10}.$$

В кривых обминок при их цифровой обработке отбрасывается отрезок за первым пятиминутным разом тестовым, так как в ряде случаев характер кривой на этом отрезке зависит не столько от структурно-механических свойств теста, сколько от несвойственного сопротивления теста введению в него (или проворачиванию в неподвижной его массе) доластей месилки.

В некоторых случаях исследования структурно-механических свойств теста в процессе его длительного замеса были фиксированы первый максимум консистенции a_{max1} и время его достижения b_1 , второй максимум консистенции a_{max2} и время его достижения b_2 , а также третий максимум консистенции a_{max3} и время его достижения b_3 .

Первый максимум консистенции можно считать максимумом, обусловленным смещением муки в воду. Второй максимум связывают с процессом набухания, протекающим в тесте, а третий максимум — с возрастанием липкости теста, а следовательно, прилипания его к стенкам месилки в процессе работы.

Чем сильнее мука, тем больше на фаринограмме замеса значения a_{10} , b и d и тем меньше значения a_{max} и на обминочных кривых тем больше значения a_{max} , a_2 и тем меньше значение a_{10} .

Фирма «Брабендер» выпустила в другую модель прибора — Do-Corder, позволяющую в конструктивно усиленной тестомесилке-тестообразователе с переменной частотой вращения рабочих органов определять силу пынечной муки в условиях, приближающихся к приготовлению теста на современных агрегатах с интенсивной механической обработкой теста.

В Венгерской Народной Республике производится прибор для определения силы муки по структурно-механическим свойствам теста в процессе его замеса, носящий название валориграф. Этот прибор компактнее фаринографа фирмы «Брабендер» и позволяет получать кривые, аналогичные получаемым на фаринографе. В США для определения силы муки применяется в микрограф Свенсона и Уоринга, также представляющий собой регистрирующую сопротивление теста месилку.

Определение силы муки на экстенсографе. В дополнение к фаринографу фирма «Брабендер» выпускает при-

бор экстенсограф, на котором тесто, замешенное на фаринографе, испытывается на растяжение до разрыва. При этом на деите самописца вычерчиваются кривые (экстенсограммы), характеризующие сопротивление теста растяжению ($P_{ист}$) и величину растяжения до момента разрыва ($L_{ист}$).

За последнее время было предложено по площади, ограниченной кривой экстенсограммы ($W_{ист}$), выражаемой в $см^2$, судить о работе, затраченной на деформацию растяжения теста.

Чем сильнее мука, тем больше значения показателей $P_{ист}$ и $W_{ист}$ и тем меньше $L_{ист}$.

Определение силы муки на альвеографе. Альвеограф производится фирмой «Шопен» (Франция).

Прибор (рис. 8, а) состоит из двух составных частей: месилки и собственно альвеографа. Месилка имеет устройство, вытесняющее после замеса эластичность теста, всегда одинаковую по размерам и плотности. Собственно альвеограф представляет собой прибор, в котором определяются структурно-механические свойства теста, зажатого герметически между фланцами. Пластина теста выдавливается воздухом в виде все увеличивающегося пузыря. Стенки этого пузыря становятся все тоньше и тоньше, и, наконец, в момент, зависящий от свойств теста, пузырь лопается. Давление воздуха создается поднятием на определенный уровень склянки с водой, вытесняющей при этом воздух из бюретки.

Давление воздуха, создаваемое в процессе испытания образца теста, регистрируется в виде кривой на бумажном бланке, закрепленном на барабане микрографа (самозаписывающего механизма). Кривые, получаемые на альвеограмме, характеризуют силу муки.

Испытанию подвергают образцы теста, замешенного из муки и 2,5%-ного раствора поваренной соли. Соотношение муки и раствора соли устанавливается с таким расчетом, чтобы на 250 г муки влажностью 14,3% приходилось 125 мл солевого раствора. Тесто должно иметь температуру 28°C.

Замес теста в месилке альвеографа длится 6 мин, после чего тесто выталкивается специальной приспособленной через выпускное отверстие месилки на пружинную пластину. Сформованные стандартные по размерам диски теста перемещаются для отлежки в термостат альвеографа при 25°C. Испытание на альвеографе производится через 26 мин с момента начала замеса.

На рис. 8, б приведены примерные альвеограммы сильной (I) и слабой (II) муки.

Для характеристики альвеограммы используются следующие ее показатели:

P_{max} — максимальная ордината альвеограммы, выражающая упругость теста;

L_{max} — абсцисса альвеограммы — растяжимость теста;

$W_{ист}$ — площадь альвеограммы — удельный расход энергии на деформацию испытанного теста, выражаемый в Дж·10⁻⁴.

Чем сильнее мука, тем больше величины P_{max} и $W_{ист}$.

Зависимость между показателями отдельных методов определения силы муки по структурно-механическим свойствам теста. Чем сильнее пынечная мука, тем больше значения показателей b и d фаринограмм, P и W альвеограмм и экстенсограмм и тем меньше значения e фаринограмм, L альвеограмм и экстенсограмм и показателей D_{180} и K_{80} теста.

Поэтому между численными значениями отдельных из этих показателей существует закономерная либо прямая, либо обратная корреляционная зависимость. Значения коэффициента корреляции между отдельными упомянутыми показателями лежат обычно на уровне от 0,7 до 0,9.

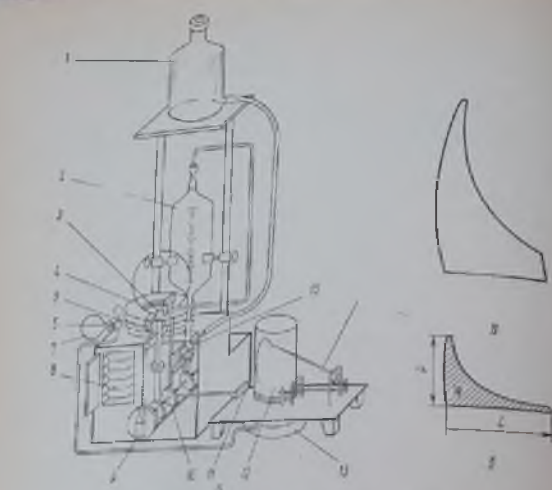


Рис. 8. Альвеограф (а) и альвеограммы (б):
1 — вертикальный цилиндр с резиной; 2 — градуированный сосуд; 3 — воздушная камера; 4 — воздушный клапан; 5 — манометр; 6 — резиновая трубка; 7 — вал для вращения; 8 — вал для вращения; 9 — мотор; 10 — градуированный сосуд; 11 — воздушный клапан; 12 — воздушный клапан; 13 — воздушный клапан; 14 — воздушный клапан; 15 — воздушный клапан; 16 — воздушный клапан; 17 — воздушный клапан; 18 — воздушный клапан; 19 — воздушный клапан; 20 — воздушный клапан; 21 — воздушный клапан; 22 — воздушный клапан; 23 — воздушный клапан; 24 — воздушный клапан; 25 — воздушный клапан; 26 — воздушный клапан; 27 — воздушный клапан; 28 — воздушный клапан; 29 — воздушный клапан; 30 — воздушный клапан; 31 — воздушный клапан; 32 — воздушный клапан; 33 — воздушный клапан; 34 — воздушный клапан; 35 — воздушный клапан; 36 — воздушный клапан; 37 — воздушный клапан; 38 — воздушный клапан; 39 — воздушный клапан; 40 — воздушный клапан; 41 — воздушный клапан; 42 — воздушный клапан; 43 — воздушный клапан; 44 — воздушный клапан; 45 — воздушный клапан; 46 — воздушный клапан; 47 — воздушный клапан; 48 — воздушный клапан; 49 — воздушный клапан; 50 — воздушный клапан; 51 — воздушный клапан; 52 — воздушный клапан; 53 — воздушный клапан; 54 — воздушный клапан; 55 — воздушный клапан; 56 — воздушный клапан; 57 — воздушный клапан; 58 — воздушный клапан; 59 — воздушный клапан; 60 — воздушный клапан; 61 — воздушный клапан; 62 — воздушный клапан; 63 — воздушный клапан; 64 — воздушный клапан; 65 — воздушный клапан; 66 — воздушный клапан; 67 — воздушный клапан; 68 — воздушный клапан; 69 — воздушный клапан; 70 — воздушный клапан; 71 — воздушный клапан; 72 — воздушный клапан; 73 — воздушный клапан; 74 — воздушный клапан; 75 — воздушный клапан; 76 — воздушный клапан; 77 — воздушный клапан; 78 — воздушный клапан; 79 — воздушный клапан; 80 — воздушный клапан; 81 — воздушный клапан; 82 — воздушный клапан; 83 — воздушный клапан; 84 — воздушный клапан; 85 — воздушный клапан; 86 — воздушный клапан; 87 — воздушный клапан; 88 — воздушный клапан; 89 — воздушный клапан; 90 — воздушный клапан; 91 — воздушный клапан; 92 — воздушный клапан; 93 — воздушный клапан; 94 — воздушный клапан; 95 — воздушный клапан; 96 — воздушный клапан; 97 — воздушный клапан; 98 — воздушный клапан; 99 — воздушный клапан; 100 — воздушный клапан.

Применение чисто реологических методов определения структурно-механических свойств теста с выражением их в соответствующих абсолютных структурно-механических единицах целесообразно в исследовательских лабораториях.

Для производственных лабораторий хлебопекарной промышленности из рассмотренных методов определения силы муки по структурно-механическим свойствам теста предпочтительно определение $K_{\text{д}}$ теста на пенетрометре, так как этот прибор может быть применен и для ряда других определений.

Значения показателей структурно-механических свойств теста, определяемых на пенетрометре, альвеографе, фаринографе, по раскатываемости теста и другими не чисто реологическими методами, достаточно хорошо коррелируют с отдельными показателями, получаемыми реологическими методами.

Другие методы определения силы муки. Для характеристики силы пшеничной муки может быть использован седиментационный метод, разработанный Зелени и упрощенный и ускоренный рядом

других исследователей. Этот относительно быстрый метод основан на том, что чем больше и зрелее (муке) белок или клейковина и чем лучше клейковина по своим структурно-механическим свойствам, тем больше объем частицы муки, набухающей в определенных условиях в растворе молочной, уксусной или других органических кислот. Применять этот метод для определения силы телячьей пшеничной муки нет практического смысла, так как он дает достоверные результаты только при влажности муки не выше 0,5%, поэтому для муки II сорта и обойной он вообще не применим.

Цвет муки и ее способность к потемнению в процессе приготовления хлеба

Потребитель обычно обращает внимание на цвет мякиша хлеба из сортовой пшеничной муки, отдавая предпочтение хлебу с более светлым мякишем.

Цвет мякиша связан с цветом муки. Из темной муки получается хлеб с темным мякишем. Однако светлая мука может в определенных случаях дать хлеб с темным мякишем. Поэтому для характеристики хлебопекарного достоинства муки имеет значение не только ее цвет, но и способность к потемнению.

Цвет муки в основном определяется цветом эндосперма зерна, на которого скопота мука, а также цветом и количеством в муке периферийных (отрубистых) частей зерна.

Способность же муки к потемнению в процессе переработки обуславливается, как установлено в ряде работ, содержанием в муке свободного тирозина и активностью фермента полифенолоксидазы (тирозиназы), катализирующего окисление тирозина с образованием темнокоричневых меланинов. От образования в тесте меланинов и зависит потемнение как теста, так и мякиша хлеба.

Содержание в муке свободного тирозина (или общего количества аминного азота) на способность ее к потемнению влияет относительно больше ($r=0,59$), чем активность полифенолоксидазы ($r=0,77$).

Цвет муки можно определять органолептически, сопоставляя его с эталоном цвета муки данного сорта или с помощью специальных приборов — цветомеров.

Для этой цели могут быть использованы фотометры оптического производства (ФПМ-1, ФПМ-50 М и др.) и лейкометр, выпускаемый в ГДР. Определение цвета сухой и «мокрой» (отражающей и способность муки к потемнению) проб муки сазано в лабораторном практикуме [27, работы 10—12].

Крупность пшеничной муки

Размеры частиц муки имеют большое значение в хлебопекарном производстве, влияя в значительной мере на скорость протекания в тесте биохимических и коллоидных процессов и вследствие этого на свойства теста, качество и выход хлеба.

Общепринятый у нас при оценке качества муки способ определения крупности помола по остатку и прохождению через сита соответствующих размеров дает очень неполную характеристику размеров частиц муки и соотношения в муке фракций частиц различных крупности.

Поэтому в ряде работ, посвященных изучению размеров частиц муки, применяют методы, позволяющие фракционировать всю массу муки на группы, различающиеся по их размерам. Для этой цели можно применять как методы, основанные на просеивании муки на ситах с ячейками различных размеров, так и седиментометрические методы, позволяющие значительно точнее фракционировать наиболее мелкие частицы муки.

Размеры частиц муки высшего и I сорта обычно колеблются в пределах от нескольких микрометров до 180—190 мкм.

В обычной хлебопекарной пшеничной муке этих сортов примерно половина частиц имеет размеры менее 40—50 мкм, а остальные — в пределах от 45—50 до 190 мкм.

В муке II сорта, особенно обойной, содержится значительно больше крупных частиц. Например, в муке обойной заливового помола, по данным Хусида, около 67% частиц оставалось в сходе с шелкового сита № 32, размер ячеек которого 200 мкм, а 15% частиц задерживалось в сходе с металлического сита № 30 с отверстиями ячеек размером 600 мкм.

Мука из мягких пшениц, как правило, характеризуется несколько меньшими размерами частиц по сравнению с мукой из твердых пшениц.

В исследованиях влияния крупности частиц муки на ее биохимические и хлебопекарные свойства следует различать два пути. Один путь — когда исходная мука, полученная на токарной или лабораторной мельнице, подвергается в разной степени дополнительному измельчению. Затем сравнительно исследуются свойства исходного и дополнительно измельченного продукта. Так устанавливается влияние собственно степени измельчения продукта.

Второй путь предусматривает, что образец исходной муки просеиванием или пневмосепарированием делится на фракции, различные по размерам частиц, и эти фракции муки являются объектом сравнительного исследования.

Рассмотрим сначала результаты, получаемые первым путем, характеризующим влияние степени измельчения в его чистом виде.

Чем выше степень измельчения, тем больше удельная поверхность частиц муки. Для характеристики порядка численных значений этого показателя укажем, что в образце американской пшеничной муки сорта Патент (зольность 64,0%, частиц муки размером менее 100 мкм — 100%, 80 мкм — 95,1%, 60 мкм — 68,2%, 40 мкм — 37,7%, 30 мкм — 28%, 20 мкм — 15,8%, 10 мкм — 2,4%, 5 мкм — 0%) частицы 1 кг муки имеют площадь поверхности, равную 125 м².

При дополнительном измельчении исходного образца пшеничной муки увеличиваются показатели: удельная поверхность частиц, количество поврежденных зерен крахмала¹, сахаро- и газообразующая способность, количество реакционно-доступных —SH-групп белка и водопоглощательная способность муки. При

¹ Процент крахмальных зерен, повреждаемых в процессе помола твердых пшениц, значительно выше, чем при помоле мягких пшениц. Это, очевидно, является одним из факторов, обуславливающих вообще более высокую сахарообразующую способность муки из твердых пшениц, несмотря на несколько больший средний размер частиц этой муки.

чем до определенной степени измельчения муки, тем выше показатели структурно-механических свойств теста из нее. Количество выделяемой из теста сырой клейковины, ее растяжимость и разрывная способность. Уменьшение сахаро- и газообразующей способности муки обусловлено повышением вязкости крахмала.

Активность амилоз муки остается практически неизменной. Объемный выход хлеба до некоторой степени увеличивается с увеличением помола. Дальнейшее измельчение муки приводит к снижению этого показателя.

Из отмеченного выше вытекает, что и недостаточное и чрезмерное измельчение муки ухудшает ее хлебопекарные свойства. Чрезмерно крупная мука дает хлеб недостаточного объема с грубой толстоственистой пористостью мякиша и часто с близкочерной коркой; хлеб из чрезмерно измельченной муки получается повышенного объема, с интенсивно окрашенной коркой, часто с темноокрашенным мякишем. Подовый хлеб из такой муки может быть расплывчатым.

Хлеб лучшего качества получается из муки с оптимальной крупностью частиц. Оптимум измельчения, по-видимому, должен быть различным для муки из зерна с разным количеством и особенно качеством клейковины.

Чем сильнее клейковина зерна, тем, очевидно, мельче должна быть мука. С точки зрения хлебопекарных свойств желательна мука, частицы которой по возможности наиболее однородны.

Пневмосепарирование муки по размерам частиц и сравнительное исследование полученных фракций также дало весьма интересные результаты.

Было установлено, что фракции относительно более мелких частиц муки значительно богаче белком, имеют более высокую зольность, сахаро- и газообразующую способность. Содержание сырой клейковины также соответственно выше, а растяжимость ее ниже.

Фракции же относительно крупных частиц характерны резко пониженным содержанием белка.

Таким образом, применяя пневмосепарирование частиц муки, можно из одного и того же зерна пшеницы получать высокобелковую муку для производства кеков, сахарного печенья и других видов мучных кондитерских изделий и муку с пониженным содержанием белка, которая может быть использована в качестве улучшителя силы обычной хлебопекарной пшеничной муки.

Определение крупности частиц муки включено в лабораторный практикум [27, работа 13].

Пробные выпечки

Для оценки хлебопекарного достоинства пшеничной муки, помимо определения показателей ее силы, газообразующей способности и цвета, применяют пробные выпечки.

В лабораторных мельницах и хлебопечках обычно производят лабораторные пробные выпечки из небольшого количества исследуемой муки.

На хлебозаводах, помимо этих лабораторных выпечек, в случае необходимости могут производиться и производственные пробные выпечки.

При проведении пробных выпечек о хлебопекарном достоинстве муки судят по качеству хлеба — по его объему, форме, характеру и окраске поверхности корки, по стешени и структуре пористости и цвету мякиша хлеба.

Эти свойства хлеба обуславливаются комплексом хлебопекарных свойств муки.

МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРОБНЫХ ВЫПЕЧЕК

Методы проведения лабораторных пробных выпечек¹ из пшеничной муки, применяемые в разных странах и лабораториях, очень различны.

Они различаются:

а) по способу приготовления теста (однофазным безопарным и двухфазным опарным способом);

б) по рецептуре теста (иногда вносятся в количестве, обеспечивающем получение теста либо с заданной влажностью, либо с заданной консистенцией; дрожжи и соль вносятся в тех или иных, несколько различающихся количествах). В отдельных методиках предусматривается внесение сахара (тоже в разных количествах или даже с учетом сахаробразующей способности муки), солодового экстракта, бромата калия, однозамещенного фосфата аммония и других добавок;

в) по условиям замеса и обминки теста (замес вручную или на лабораторных тестомесилках разных конструкций, при разном числе оборотов рабочих органов, при разной длительности и интенсивности механического воздействия на тесто в процессе его замеса и обминки или повторного промеса);

г) по условиям и длительности брожения теста (начальная температура теста, температура и влажность воздуха в термостате, длительность брожения теста);

д) по выпечке формовых или лодовых хлебцев и величине массы тестовых заготовок;

е) по способу формования тестовых заготовок (вручную или на лабораторных установках);

ж) по условиям и длительности расстойки (параметры воздуха, расстойка «до готовности» или в течение установленного времени);

з) по условиям выпечки (тип лабораторной печи, температурный и влажностный режим в пекарной камере, длительность выпечки оговорены лишь в некоторых методиках);

и) по условиям и показателям оценки качества полученных

хлебцев (длительность периода с момента выпечки до момента оценки качества полученных хлебцев различна).

Перечень показателей качества хлеба и методы их определения также различны. В ряде методик в разных странах применяются еще и очень различные системы балльной оценки по отдельным, в основном органолептически определяемым, показателям качества хлеба.

Несмотря на наличие методов лабораторной выпечки, официально принятых или рекомендованных в той или иной стране, в лабораториях отдельных исследовательских учреждений или предприятий пробные выпечки ведут по своим, отличающимся в ряде моментов методикам.

Все это затрудняет, а подчас делает даже невозможным сопоставление и сравнение результатов пробных выпечек, проводимых не только в разных странах, но даже в одной и той же стране.

В связи с этим крайне насущной является задача унификации и стандартизации как методики проведения пробных лабораторных выпечек, так и соответствующего лабораторного оборудования (тестомесилка, механические тестоформующие установки, термостат для брожения и расстойки, хлебопекарная печь, приборы для определения объема хлеба и других показателей его качества).

Без решения этой задачи любая методика проведения пробных выпечек не может дать сопоставимых и воспроизводимых результатов.

Укажем в качестве примера на некоторые методики лабораторной пробной выпечки.

Лабораторная пробная выпечка из пшеничной муки по ГОСТ 9404—60. Эта методика, подробно изложенная в пп. 55—64 упомянутого ГОСТа, предусматривает безопарный способ приготовления теста из исследуемой муки, воды, дрожжей и соли.

Из муки с содержанием 960 г сухого вещества замешивают (способ и длительность замеса не обусловлены) тесто с влажностью, постоянной для каждого сорта муки. Тесто должно иметь температуру 32°C; при этой же температуре оно выброживается в термостате в течение 170 мин. Через 60 и 150 мин после начала брожения тесто подвергают обминке (способ и длительность обминки не устанавливаются). Из выброженного теста формируют (способ не указан) тестовые заготовки для двух формовых и одного лодового хлебцев. Расстойку тестовых заготовок ведут до готовности (тестовая заготовка одного формового хлеба расстывается на 5 мин дольше). Выпечку (в печи ВНИИХП-П6-56) ведут при 220—230°C в течение времени, определенного для формового и лодового хлебцев в для каждого сорта муки.

Качество хлеба оценивается через 4—24 ч после выпечки по показателям объемного выхода в миллилитрах на 100 г муки при ее влажности 14,5% и по отношению высоты к диаметру (H:D) лодового хлеба. Помимо этого производится органолептическая оценка формы хлеба, окраски корки и характера корки, мякиша, эластичности и структуры пористости мякиша, а также его вкуса. Все эти признаки характеризуются словесно.

Лабораторная пробная выпечка по методу ассоциации американских зерновых химиков. Эта основная методика предусматривает безопарный способ приготовления теста для формового хлеба из 100 г муки.

¹ Студенту, впервые приступающему к изучению технологии хлебопекарного производства, целесообразно вернуться к этому разделу после изучения содержания глав V, VII, VIII и XI.

Тесто готовится из муки, воды (в количестве, необходимом для получения теста заданной консистенции), соли, сахара (количество его корректируется с учетом сахаробразующей способности муки) и дрожжей. Указаны тип лабораторной мешалки и длительность замеса теста. Общая длительность брожения теста (при 30°C) устанавливается. Вместо обжиного теста (через заданные периоды его брожения) предусмотрена регламентированная прокатка его между вальками соответствующей лабораторной установки. Формование тестовой заготовки производится на соответствующей лабораторной установке. Расстойка либо в течение постоянного времени, либо до получения теста в фазе до заливной пышоты. Выпечка в лабораторной печи с вращающимся подом при 230±5°C в течение заданного времени. Через 1 ч после выпечки определяется масса и объем хлеба. Органолептическая оценка хлеба проводится позднее.

Предусмотрен и ряд дополнительных безопасных вариантов методики пробных выпечек, имеющих целью установление реакции теста на удлиненный и усиленный замес, на разную длительность брожения и на добавку бромата калия.

Лабораторная пробная выпечка, производимая ремикс-методом. В Канаде при оценке хлебопекарных свойств зерна, в основном сильной канадской пшеницы, принят так называемый ремикс-метод (метод с повторным промесом теста) пробной выпечки, принцип которого был разработан и опубликован канадскими исследователями еще в 1960 г.

По этому методу на 100 г муки, воды, соли (1%), сахара (2,5%) и дрожжей (3%) с добавками солодового экстракта (0,3%), бромата калия (0,0015%) и диоксида фосфора (0,1%) готовится безопарное тесто. Количество воды устанавливается с учетом водопоглощательной способности муки, определенной на фаринографе, т. е. является величиной переменной.

Существенным отличием метода является проведение несколько удлиненного замеса и повторного промеса на быстроходной, интенсивно обрабатывающей тесте лабораторной тестомесилке. Так, например, для месилки типа GRL длительность замеса (при 130 об/мин) равняется 3,5 мин, а длительность повторного промеса, заменяющего кратковременную обминку, — 2,5 мин. Тесто замешивается, помещается для брожения в термостат (30°C) сначала на 165 мин, а после повторного промеса — еще на 25 мин.

Затем тесто раскатывается, сворачивается и закатывается на соответствующих типовых лабораторных установках. Расстойка тестовой заготовки в фаринке определенных размеров (тех же, что и по предыдущей методике) производится в термостате (30°C) в течение 55 мин. Таким образом, общая длительность брожения, включая и расстойку, равна 245 мин. Выпечка в печи с электрическим обогревом и вращающимся подом при 220°C длится 25 мин.

Определение объема выпеченного хлеба производится через 1 ч после выпечки, а органолептическая оценка — на следующий день.

Усиленная механическая обработка теста при замесе и повторном промесе в сочетании с указанными выше добавками делает этот метод особенно показательным для дифференциации хлебопекарных свойств муки из зерна сильных и очень сильных пшениц.

Различные варианты методик такого типа пробных лабораторных выпечек разрабатываются и испытываются у нас и за рубежом.

Из графика на рис. 9, построенного по нашим данным, видно, как метод пробной выпечки влияет на объем хлеба из пшеничной муки различной силы.

Кривая 1 характеризует эту зависимость для хлеба, полученного из безопарного теста с добавлением сахара при обычной длительности и интенсивности механической обработки теста при замесе и обминке. При этом объем хлеба возрастал по мере увеличения силы муки, но у сильной муки был почти одинаковым, а у очень сильной муки начинал даже несколько снижаться.

Линия 2 на этом графике относится к хлебу, полученному по методу, в принципе аналогичному ремикс-методу. Тесто готовилось также безопарным способом с добавлением не только сахара, но и 0,0015% бромата калия и с удлиненной интенсивной механической обработкой при замесе и повторном промесе (ремикс-метод).

При этой методике наблюдалась прямая зависимость между объемом хлеба и силой муки в пределах от очень слабой до очень сильной муки. При этом слабая мука давала хлеб с меньшим объемом, чем при обычном методе, а сильная, особенно очень сильная, — со значительно большим объемом.

Аналогичное влияние усиленной механической обработки теста из муки различной силы отмечается и в других работах.

Установлено, что такие показатели силы муки, как показатели структурно-механических свойств теста (по альвеограммам, фаринограммам), величины клейковинного или бокситационного числа или комплексного критерия, значительно лучше коррелируют с величинами объема хлеба, полученного пробной выпечкой по ремикс-методу, чем с объемом хлеба, полученного при обычных методах, без усиленной механической обработки теста.

ПРОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОБНЫХ ВЫПЕЧЕК

Производственные пробные выпечки при порционном приготовлении теста проводят обычно в размерах одной дежи теста. Такие пробные выпечки могут иметь различные цели, в зависимости от которых устанавливается и методика их проведения.

Так, например, при выработке на хлебозаводе разных видов хлеба и слобных, бараночных или иных изделий из пшеничной муки целью производственной пробной выпечки может быть определение степени пригодности данной партии муки или определенной смеси отдельных партий для производства того или иного специфического вида или сорта изделий. Тогда приготовление теста, его брожение, разделка и выпечка ведутся по способу и режиму, принятому на данном хлебозаводе для этого вида изделий.

Целью пробной выпечки может быть и уточнение производственной рецептуры и параметров режима приготовления теста, расстойки и выпечки из смеси муки, намеченной лабораторией для ближайшего периода.

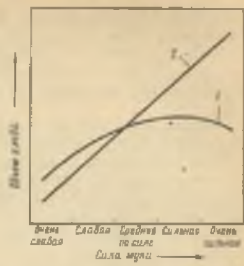


Рис. 9. Зависимость между объемом хлеба ($V_{хл}$) и силой муки при обычном (1) и усиленном (2) механическом воздействии на тесто при замесе и обминке

Могут производиться и пробные выпечки, имеющие целью установление величины отдельных технологических потерь и выхода хлеба на какое-либо другое назначение.

ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ СВОЙСТВА РЖАНОЙ МУКИ

Хорошей по хлебопекарному достоинству ржаной мукой следует считать муку, из которой получается хлеб хорошего качества.

Качество ржаного хлеба, как и пшеничного, определяется его вкусом, ароматом, формой, объемом, окраской и состоянием корки, разрыхленностью, структурой пористости, цветом мякиша и распыляемостью подового хлеба. Однако значение отдельных показателей в оценке качества ржаного и пшеничного хлеба различно.

Так, например, объем хлеба и структура пористости его мякиша очень сильно колеблются в хлебе из разных партий пшеничной муки и поэтому являются весьма важными показателями хлебопекарного достоинства пшеничной муки. У хлеба из разных партий ржаной муки, особенно муки обойного помола, эти показатели колеблются в меньшей степени. Поэтому и в оценке хлебопекарного достоинства ржаной муки показатели объема формового хлеба и структура его пористости играют значительно меньшую, практически второстепенную роль.

В то же время у ржаного хлеба весьма большое значение имеют структурно-механические свойства мякиша — степень его липкости, замешиваемость и влажность или сухость на ощупь.

Цвет муки и способность ее к потемнению в процессе производства хлеба, обуславливающие цвет мякиша, очень существенны при оценке хлебопекарного достоинства пшеничной муки. Для ржаной муки эти показатели важны только при оценке качества сеяной муки.

У ржаного хлеба, особенно из обойной и обдирной муки, по сравнению с пшеничным наблюдается меньший объем, более темнокрашенные мякиш и корка, меньший процент пористости в более липкий мякиш.

Отмеченные выше отличия в качестве ржаного хлеба обусловлены некоторыми специфическими особенностями углеводно-амилазного и белково-протеиназного комплексов зерна ржи и ржаной муки.

Углеводно-амилазный комплекс ржаной муки

Углеводно-амилазный комплекс зерна ржи и ржаной муки имеет некоторые специфические отличия.

Ржаная мука содержит большее количество собственных сахаров, чем пшеничная. Наряду с этим ржаная мука содержит значительно больше и левулезанов, водорастворимых коллоидных полисахаридов-полифруктозидов, могущих образовывать при гидролизе фруктозу (левулезу).

Крахмал ржаной муки начинает клейстеризоваться при 52—55°C, т. е. при температуре более низкой, чем крахмал пшеничной муки (60—67°C).

Атакуемость крахмала ржаной муки при действии амилолитических ферментов также несколько выше по сравнению с крахмалом пшеничной муки.

Этому способствует и то, что процесс клейстеризации крахмала ржаной муки, очень сильно повышающий его атакуемость, начинается ранее и при температуре, при которой, несмотря на повышенную кислотность, β -амилаза еще не инактивирована, а α -амилаза находится в оптимальной температурной зоне действия.

Амилазы в зерне ржи и ржаной муки представлены α - и β -амилазой. Однако в отличие от зерна пшеницы в нормальном непроросшем зерне ржи содержится известное, практически значимое количество активной α -амилазы. При прорастании зерна ржи активность α -амилазы, как и в зерне пшеницы, во много раз возрастает.

Таким образом, ржаная мука по сравнению с пшеничной отличается большим содержанием собственных сахаров, более низкой температурой клейстеризации крахмала, большей его атакуемостью и наличием в муке из непроросшего зерна практически значимых количеств α -амилазы.

В связи с этим сахаро- и газообразующая способность ржаной муки практически не может являться фактором, лимитирующим ее хлебопекарные свойства. Сахаро- и газообразующая способность ржаной муки всегда более чем достаточна.

Отмеченные выше специфические отличия ржаной муки имеют большое технологическое значение.

Действие присутствующих в ржаной муке β - и α -амилаз на ее крахмал, клейстеризующийся при более низкой температуре и более легко атакуемый, может привести к тому, что значительная часть крахмала в процессе брожения теста и выпечки хлеба будет гидролизována. Вследствие этого крахмал ржаной выпекаемой тестовой заготовки может оказаться неспособным связать всю влагу теста. Наличие части свободной, не связанной крахмалом влаги будет делать мякиш хлеба влажноватым на ощупь.

Наличие же α -амилазы, особенно при недостаточной кислотности теста, приводит при выпечке хлеба к накоплению значительного количества декстрина, придающего мякишу липкость. Поэтому мякиш ржаного хлеба вообще более липок и влажен на ощупь по сравнению с мякишем пшеничного хлеба. Повышенная активность α -амилазы в ржаной муке обычно является основной причиной дефектности ржаного хлеба по структурно-механическим свойствам его мякиша. В связи с этим кислотность ржаного теста с целью торможения действия α -амилазы приходится поддерживать на уровне, значительно более высоком, чем в пшеничном тесте.

К углеводному комплексу ржаной муки относятся и водорастворимые пентозаны («слизи»).

Напомним, что при примерно одинаковом общем количестве пентозанов в зерне пшеницы и ржи содержание водорастворимых пентозанов в зерне ржи в 2 раза выше, чем в зерне пшеницы.

Слизь ржаной муки существенно отличается от слизи пшеничной муки и по ряду других признаков.

Установлено, что в слизи зерна ржи и пшеницы соотношение арабиноксилановой фракции с разветвленной структурой и неразветвленной глюкозавислой фракции значительно выше, чем в слизи пшеницы.

Еще более резкие различия имеются в степени полимеризации и молекулярной массе этих фракций. Так, например, арабиноксилан слизи ржи имеет молекулярную массу 173 000 и степень полимеризации 1311. Для слизи же пшеницы эти значения соответственно равны 38 800 и 294, т. е. а 4,5 раза ниже. Молекулярная масса глюкозана слизи ржи — 64 200, а у слизи пшеницы — 33 700, т. е. почти в 2 раза ниже.

Более высокая степень полимеризации компонентов слизи ржи и является, очевидно, основной причиной того, что вязкость их водных растворов во много раз выше, чем растворов слизи пшеницы той же концентрации.

Вязкостные свойства слизи ржаной муки существенно возрастают даже при кратковременном хранении ее при температурах от 18—20 до 40°C.

Показано, что слизи ржи очень гидрофильны. Объем их при гидратации увеличивается на 800%. Вязкость водных растворов слизи намного превышает вязкость растворов желатина той же концентрации. Поэтому слизи влияют на консистенцию ржаного теста, уменьшая его разжижение при брожении.

В зерне ржи имеются ферменты, способные дезагрегировать высокомолекулярные компоненты слизи. Активность этих ферментов существенно возрастает при прорастании зерна ржи.

Наличие в ржаных слизах разветвленной арабиноксилановой фракции, высокая степень полимеризации их, несомненно, способствует образованию комплексов слизи с белковыми веществами и с крахмалом в зерне ржи, ржаной муке и особенно в ржаном тесте.

Природа и характер этих комплексов ждут еще изучения. В связи с этим вопрос о значении ржаных слизи в технологии приготовления ржаного теста и хлеба также выяснен еще недостаточно. Имеющиеся данные позволяют считать, что слизи существенно влияют на структурно-механические свойства ржаного теста, на его консистенцию и газодерживающую способность, на амидолиз и клейстеризацию крахмала в процессе выпечки хлеба, а в результате этого и на такие показатели качества хлеба, как его объем, структура и структурно-механические свойства мякиша и даже скорость черствения хлеба. На технологическую роль слизи может влиять и содержание их в муке, и степень полимеризации, и интенсивность их распада в тесте под действием соответствующих ферментов (полисахараз).

Можно полагать, что технологически оптимальным является лишь определенное содержание слизи в муке и известная степень

их полимеризация, обуславливаемая рядом факторов и в их числе интенсивностью ферментативной деструкции слизи в процессе приготовления теста.

Белково-протеиназный комплекс ржаной муки

Многие исследователи считают, что отмеченные выше особенности углеводно-амилазного комплекса ржаной муки определяют ее хлебопекарное качество. В связи с этим широко распространено мнение о том, что белково-протеиназный комплекс ржаной муки не играет сколько-нибудь существенной роли в хлебопекарном достоинстве ржаной муки.

Такое мнение явно ошибочно. Белково-протеиназный комплекс ржаной муки имеет несомненное (к сожалению, относительно менее изученное) значение в качестве фактора, влияющего на хлебопекарное достоинство муки.

Белковые вещества ржаной муки имеют некоторое сходство с белками пшеничной муки. Так, например, из белковых веществ ржаной муки также можно выделить глинадиновую и глютеяниновую фракции.

По аминокислотному составу белки ржи также близки к белкам пшеницы, отличаясь несколько более высоким содержанием отдельных дефицитных в питании человека аминокислот (лизина и треонина).

Очень существенной отличительной особенностью белковых веществ ржаной муки является их способность к весьма быстрому и интенсивному набуханию. Значительная часть белка при этом набухает неограниченно и пептизируется, переходя в вязкий коллоидный раствор.

На растворимость белков ржаной муки в тесте большое влияние оказывает степень кислотности теста. В связи с этим в ржаном тесте пептизированная часть белков образует вязкую жидкую фазу, в которой диспергированы зерна крахмала, частицы ограниченно набухшего белка и отрубистые частицы муки. В этой жидкой фазе находится также слизи и другие водорастворимые составные части ржаного теста. Поэтому структурно-механические свойства ржаного теста в значительной мере зависят от способности белков муки пептизироваться, переходя при этом в состояние коллоидного раствора.

Как слишком сильная, так и слишком слабая пептизация белков ржаной муки может привести к получению теста с структурно-механическими свойствами, не являющимися оптимальными для получения хлеба хорошего качества.

Второй отличительной особенностью белков ржаной муки является то, что они не способны, несмотря на наличие глинадиновой и глютеяниновой фракций, к образованию упругоэластичного пространственного губчатого структурного каркаса теста. Общеизвестно, что из ржаной муки обычными методами отмыть водой клейковину

невозможно¹, несмотря на наличие в белках ржи и глютеиновой и глютеиновой фракций.

Фелленберг еще в 1919 г. предположительно объяснял это тем, что наличие в ржаной муке слизи, набухающих в присутствии воды и обволакивающих в тесте частицы белка, препятствует образованию из них связной массы — клейковины.

Последующими работами было показано, что клейковина из ржаной муки может быть выделена, если применять для этого специальные методы.

Наиболее эффективен способ, при котором из ржаной муки методом Тесса (фракционированием по плотности в смеси бензола с хлороформом, дефигурированием и затем высушиванием) получают препарат так называемого «промежуточного» белка ржи. Из этого продукта с добавлением воды или 2%-ного раствора хлорида натрия замешивали тесто, из которого затем легко отмывалась вода. Клейковина, отмытая по свойствам и клейковины, отмываемой из пшеничной муки.

Добавление к препарату промежуточного белка перед замешиванием из него теста определенных количеств ржаных слизей делало уже невозможным отмывание из этого теста клейковины.

Таким образом, представления Фелленберга о слизи зерна ржи как факторе, препятствующем образованию связной клейковины, получали прямое экспериментальное подтверждение.

Установлена и способность белков ржи к образованию комплексов со ржаными слизями в их растворах. Можно предполагать, что образование в присутствии воды этих комплексов обуславливает невозможность как отмывания клейковины из ржаной муки, так и образования клейковинного каркаса в ржаном тесте.

Отсутствие в ржаном тесте клейковинного каркаса и пептизация значительной части белков обуславливают специфические структурно-механические свойства ржаного теста.

Характерной для деформационной характеристики ржаного теста является его высокая вязкость и резко пониженная величина упругой деформации.

Количество белковых веществ в ржаной муке также оказывает влияние на ее хлебопекарные свойства. Слишком низкое или слишком высокое содержание белковых веществ в ржаной муке отрицательно сказывается на качестве хлеба. Резко повышенное содержание белковых веществ в ржаной муке приводит к получению хлеба пониженного объема, с недостаточно развитой, толстостенной и грубой пористостью.

Можно предполагать, что вследствие отмеченных выше особенностей белки ржаной муки относительно более легко атакуются протеиназой.

Установлено, что протеиназа ржаной муки также является ферментом типа паланина, способным активироваться восстановителями, содержащими сульфгидрильную группу, и инактивироваться такими окислителями, как бромат калия и пероксид водорода.

¹ П. Н. Шибанов еще в 1944—1948 гг. сообщал, что ему при определенных условиях удавалось отмыть из ржаной муки некоторое количество белковой массы, напоминающей клейковину.

Зона pH в пределах 4,0—5,0 является оптимальной для действия протеиназы ржаной муки.

Если учитывать, что протеиназа ржаной муки также обладает резко выраженным дезагрегирующим действием, то ее роль в изменении белков ржаного теста, обладающих, по-видимому, повышенной атакуемостью, может быть достаточно существенной.

Дезагрегация белков ржаного теста протеиназой, очевидно, повышает их способность пептизироваться и переходить в состояние коллоидного раствора.

Помимо влияния на белки теста и вследствие этого на структурно-механические свойства теста протеиназа ржаной муки оказывает косвенное, как бы вторичное действие и на углеводно-амилазный комплекс теста. Чем интенсивнее идет в тесте протеолиз, тем больше будет высвобождаться из белкового субстрата адсорбционно связанных им амилаз, тем пространственно доступнее будет крахмал действию амилаз.

Как показали работы советских исследователей, улучшающее влияние гидротермической обработки проросшего зерна ржи и сушки влажного проросшего зерна при повышенной температуре в основном обусловлено изменениями, происходящими в белково-протеиназном комплексе зерна.

Опыты по прогреву ржаной муки позволяют предполагать, что важную роль может играть и повышение степени полимеризации слизи.

На основании сказанного можно заключить, что, хотя ведущая роль с точки зрения влияния на хлебопекарные свойства ржаной муки принадлежит ее углеводно-амилазному комплексу, нельзя недооценивать и значения ее белково-протеиназного комплекса.

Цвет ржаной муки и ее способность к потемнению в процессе приготовления хлеба

Выше уже отмечалось, что цвет муки и способность ее к потемнению в процессе приготовления хлеба является характерным показателем качества только для ржаной сеяной муки.

Ржаная обойная и обдирная мука дает хлеб с весьма интенсивно окрашенным мякишем. Обусловлено это не цветом муки, а повышенной способностью ее к потемнению в процессе приготовления хлеба.

Периферические частицы зерна ржи весьма богаты полифенолоксидазой (тирозидазой) и тирозином, поэтому цвет ржаной муки этих сортов практически не имеет значения.

Иначе обстоит дело с ржаной сеяной мукой. Хлеб из нее имеет сравнительно светлоокрашенный мякиш. Поэтому определение цвета сеяной муки и способности ее к потемнению целесообразно и необходимо.

Для определения этих показателей сеяной муки могут быть рекомендованы те же методы, что и для пшеничной муки.

Крупность ржаной муки

Размеры частиц ржаной муки, или крупность помола, являются существенным показателем ее хлебопекарного достоинства. Значение этого показателя определяется факторами, рассмотренными при изложении значения крупности помола пшеничной муки.

Дополнительно следует отметить, что особое значение имеет вопрос о крупности помола ржаной обойной муки. Выпечки хлеба из ржаной обойной муки обычного и укрупненного помола, проводившегося как в лабораторных, так и в производственных условиях, показала, что в результате укрупнения помола весовой выход хлеба снижается, качество его несколько ухудшается и усвояемость уменьшается. Наоборот, более мелкий помол обойной муки, как показали физиологические исследования, повышает усвояемость хлеба — его белков, минеральных веществ и клетчатки.

Физиологические опыты показали, что дополнительно измельченные отруби, добавленные к обойной муке, повышали усвояемость белковых веществ хлеба примерно на 10%.

Таким образом, более тонкое измельчение обойной муки является весьма целесообразным.

Методы определения хлебопекарного достоинства ржаной муки

Зерно ржи как по погодно-климатическим условиям области культивирования, так и по своим свойствам чаще и легче подвергается прорастанию.

Прорастание зерна ржи, сопровождающееся значительной активацией его ферментов — протектиазы и особенно α -амилазы, чаще всего является причиной неполноценности и даже дефектности ржаной муки в хлебопекарном отношении. Тесто из такой муки быстро и сильно разжижается в процессе брожения. Хлеб имеет интенсивно окрашенную корку и липкий, легко заминающийся мякиш. Подозный хлеб очень расплывчат.

В результате активации ферментов прорастание зерна обуславливает и соответствующее увеличение автолитической активности муки, получаемой из него.

Следует отметить, что активность ферментов и автолитическая активность зерна ржи, находящегося в условиях, благоприятных для прорастания, начинает заметно увеличиваться еще до появления на зерне видимого ростка.

В основе большинства методов установления хлебопекарных свойств ржаной муки лежит определение отдельных компонентов, обуславливающих ее автолитическую активность.

Ряд методов имеет в основе определение действия ферментов ржаной муки или вытяжек из нее на «посторонний» муке субстрат, например на растворимый крахмал. В основе других методов лежит определение действия ферментов ржаной муки в условиях, когда субстратом для их действия являются соответствующие составные вещества того же образца муки.

Этим собственно автолитическим методам мы отдаем предпочтение. При этом мы исходим из того, что интенсивность ферментативных процессов при приготовлении теста при выпечке хлеба зависит не только от активности ферментов, но и от степени податливости их действию соответствующих субстратных веществ муки.

В связи с этим ниже мы рассмотрим лишь методы, предусматривающие определение тех или иных изменений в смесях исследуемой муки и воды (суспензии или тесто). При этом мы ограничимся методами, наиболее широко применяемыми и наиболее перспективными с точки зрения применения в производственных лабораториях мельниц и хлебозаводов.

Выпечка колобка из ржаной муки и воды. Для быстрого (экспрессного) определения хлебопекарного достоинства ржаной обойной муки применяется следующий метод. 50 г муки замешивают с 41 мл воды, имеющей комнатную температуру (17—20°C), в тесто, из которого формуют шарик, выпекаемый в лабораторной печи при 230°C в течение 20 мин.

Выпеченный колобок после охлаждения подвергают органолептической оценке, отмечая его объем, внешний вид, окраску поверхности, отсутствие или наличие разрывов и выплывов мякиша, цвет и состояние мякиша.

Рекомендуется также дополнительное определение водорастворимых веществ, в связи с этим — и влажности мякиша колобка.

Ржаная мука с пониженной автолитической активностью дает шарообразный колобок пониженного объема с бледноокрашенной корочкой, без разрывов или трещин, с плотным и сухим на ощупь мякишем.

Ржаная мука, средняя по автолитической активности, дает колобок также правильной шарообразной формы с сероватой корочкой, без значительных трещин или разрывов. Мякиш достаточно сухой на ощупь.

Ржаная мука с повышенной автолитической активностью дает колобок расплывчатый и плоскостопный. Верхняя корка зарумянена. У нижней корки обычно заметны подрывы, иногда с выплывом мякиша. Мякиш очень липкий и темнокоричневый.

Чем выше автолитическая активность муки, тем выше содержание в колобке водорастворимых веществ.

В работах, проводившихся на кафедре технологии хлебопекарного производства МТИППа, было установлено, что отношение высоты выпеченного колобка к диаметру ($H:D$) является объективным и легко определяемым показателем автолитической активности ржаной муки. Чем выше автолитическая активность муки, тем ниже величина показателя $H:D$. При этом влажность теста для колобка должна быть постоянной для данного сорта муки (обойной 53, обойной 51 и севной 50%). Масса мякиша муки в 30 г должна относиться к муке влажностью 14,5%. При иной влажности муки навеска должна соответственно изменяться и содержать 42,75 г сухого вещества муки.

Определение автолитической активности ржаной муки по ГОСТ 9404—60. Этот метод предусматривает определение автолитической активности муки по способности ее при прогреве водно-мучной суспензии накапливать то или иное количество водорастворимых веществ.

В принципе определение автолитической активности муки этим методом состоит в следующем. Суспензию из 1 г муки и 10 мл дистиллированной воды в фарфоровом тигле прогревают в кипящей водяной бане в течение 15 мин, затем

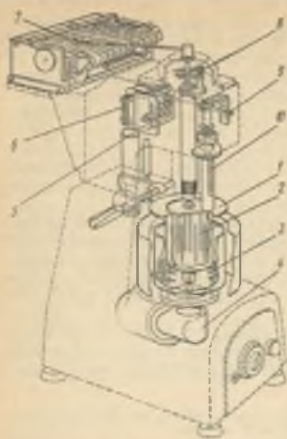


Рис. 9. Схема амиллографа:

1 — крышка сосуда, 2 — штатив для сосуда, 3 — электроподогревательный элемент, 4 — электроды для измерения вязкости, 5 — выходы от электроподогревателя, 6 — измерительный электродвигатель, 7 — термостатический элемент, 8 — термометр, 9 — ручка для перемещения контактного термометра, 10 — контактный термометр.

ровых кондуктометров. Чем выше автолитическая активность муки, тем выше численное значение $K_{\text{ав}}$ теста.

Детали проведения определения изложены в лабораторном практикуме [27, работа 18].

Определение хлебопекарного достоинства ржаной муки с помощью амиллографа. Амиллограф представляет собой ротационный вискозиметр, во время определения графически фиксирующий на ленте самопишущего прибора изменения вязкости водно-мучной суспензии.

Схема амиллографа приведена на рис. 10.

В сосуд I амиллографа вносится водно-мучная суспензия из 80 г исследуемой муки и 450 мл воды, которая при непрерывном вращении сосуда перемешивается от начальной температуры 25°C с постоянной скоростью 1,5°C в 1 мин. На ленте самописца прибор B вычерчивает кривую, отражающую изменение вязкости приготовленной суспензии. Лента самопишущего устройства амиллографа разделена по длине на две части, включающиеся масштабом времени (в минутах), а

разделенной до установившейся температуры дистиллированной водой. Охлажденный записчик фиксирует в а фактоте с помощью прерывистого рефрактометра определяет содержание сухих веществ, выраженное в процентах на сухое вещество муки.

Полученные данные этого определения используются в соответствующих руководствах [34, 36] и лабораторном практикуме [27, работы 16 и 17].

Чем выше автолитическая активность ржаной муки, определяемая по ГОСТу (АА ГОСТ), тем соответственно выше содержание водорастворимых веществ, определенное данным методом.

Определение консистенции теста из ржаной муки и воды после автолиза при температуре 35°C. Чем выше автолитическая активность ржаной муки, тем быстрее и больше разжижается тесто из нее в процессе его автолиза.

Исходя из этого нами была разработана методика определения автолитической активности ржаной муки по консистенции теста из нее заданной влажности после 60 мин автолиза при 35°C. Численное значение $K_{\text{ав}}$ теста определяется сначала на вискозиметре погружения МОСКИП, а затем на оверлоупном автоматизированном вискозиметре.

Чем выше автолитическая активность муки, тем выше численное значение $K_{\text{ав}}$ теста.

Детали проведения определения изложены в лабораторном практикуме [27, работа 18].

Определение хлебопекарного достоинства ржаной муки с помощью амиллографа. Амиллограф представляет собой ротационный вискозиметр, во время определения графически фиксирующий на ленте самопишущего прибора изменения вязкости водно-мучной суспензии.

Схема амиллографа приведена на рис. 10.

В сосуд I амиллографа вносится водно-мучная суспензия из 80 г исследуемой муки и 450 мл воды, которая при непрерывном вращении сосуда перемешивается от начальной температуры 25°C с постоянной скоростью 1,5°C в 1 мин. На ленте самописца прибор B вычерчивает кривую, отражающую изменение вязкости приготовленной суспензии. Лента самопишущего устройства амиллографа разделена по длине на две части, включающиеся масштабом времени (в минутах), а

по ширине — делениями, включающимися масштабом вязкости в пределах от 0 до 1000 условных единиц.

На рис. 11 приведена примерная кривая изменения вязкости (амиллограмма), полученная при испытании ржаной муки на амиллографе.

На амиллограмме различают три части:

a — часть кривой, характеризующая изменение вязкости суспензии в период до начала процесса клейстеризации крахмала муки. За это время температура суспензии возрастает от 25°C до температуры начала клейстеризации крахмала муки (для ржаной муки 52—55°C). В течение этого времени в исследуемой водно-мучной суспензии происходят процессы, в основном влияющие на ее вязкость: повышение температуры суспензии и возникающее этим усиление дезагрегирующего и гидролитического действия ферментов муки снижают вязкость суспензии, а процессы набухания и набухания коллоидных веществ муки, в первую очередь белков, с другой стороны, увеличивают ее вязкость. Соотношение интенсивности этих двух групп процессов и определяет изменение кривой вязкости суспензии на этот период. Обычно преобладают факторы, снижающие вязкость суспензии, поэтому кривая амиллограммы на этом участке характеризуется известным снижением вязкости.

b — часть кривой с момента начала клейстеризации крахмала муки до достижения максимальной вязкости суспензии. Этот участок кривой амиллограммы характеризуется быстрым нарастанием вязкости, вызванным процессом клейстеризации крахмала. Клейстеризация крахмала начинается с набухания и набухания его зерен и вызванного этим постепенного разрушения их структуры. Водно-мучная суспензия в результате этого превращается во все более густую и вязкую клейстерообразную массу.

Дальнейшее нагревание крахмального клейстера, вызывающее полное разрушение остатков набухших зерен крахмала, приводит к постепенному нарастанию, а затем и к постепенному снижению вязкости суспензии.

Очень большое влияние на нарастание вязкости суспензии в период ее клейстеризации оказывает амиллолитическое ферменты муки, в первую очередь более термостойкая α -амилаза, обладающая и резко выраженным разжижающим действием на крахмальный клейстер. Чем выше автолитическая активность муки, особенно активность α -амилазы, тем раньше и интенсивнее начнется разжижение клейстера и тем ниже будет максимум вязкости (η_{max}) суспензии.

Чем выше численное значение η_{max} суспензии, выраженное в условных единицах амиллографа, тем выше автолитическая активность муки.

c — участок кривой с момента достижения суспензией максимума вязкости, отражающий снижение вязкости суспензии в результате действия остальных выше факторов.

Поскольку известным, определяющим хлебопекарное достоинство муки, является значение η_{max} , опыт обычно прекращают, как только выяснится, что кривая амиллограммы уже прошла через точку, характеризующую максимум вязкости суспензии.

В ряде работ советских исследователей было показано, что для оценки хлебопекарных свойств ржаной муки можно с успехом применять определение изменения вязкости водно-мучной суспензии на амиллографе и при определенной постоянной температуре (обычно при 55°C в течение 10 или 15 мин).

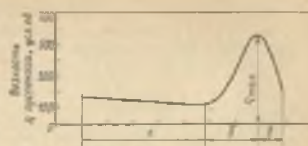


Рис. 11. Схема амиллограммы ржаной муки

Определение числа падения по методу Хагберга—Пертена. Хагберг в 1961 г. сообщил о разработке способа определения автолитических свойств ржаной муки методом числа падения. Сущность этого метода заключается в следующем.

Навеску в 7 г муки (или тонко измельченного зерна) и 25 мл дистиллированной воды (20°C) смешивают 20-кратным встряхиванием вручную в стеклянной, строго калиброванной пробирке из электропроводящего материала. Затем в пробирку вставляют пробку, через отверстие в которой продет стержень с кольцеобразным смешивающим органом на нижнем конце. Стержень снабжен ограничителем его перемещения по вертикали и служит на первом этапе определения или смеситель прогреваемой суспензии, а на завершающем этапе — как тело погружения.

Пробирку помещают в вертикальном положении в кипящую водяную баню и одновременно включают секундомер. Точно через 5 с после начала смешивания суспензия поднимается и опускается вручную стержнем-смесителем. Подъем и опускание его должны длиться 1 с. Точно через 60 с с момента помещения пробирки в кипящую баню стержень поднимают до отказа вверх и отпускают для свободного «падения». Когда стержень опустится до соприкосновения верхнего ограничителя с поверхностью пробки, секундомер останавливают.

Общее количество отсчитанных секунд (60 с прогрева + количество секунд на свободное погружение стержня) принимается за величину числа падения (сокращенно — ЧП). Чем выше автолитическая активность муки, тем меньше величина ЧП.

Определение ЧП по Хагбергу—Пертену в 1968 г. было стандартизовано Международным обществом химии зерна (стандарт № 107) в качестве метода измерения активности α -амилазы зерна и муки.

Однако, исходя из описанного выше принципа этого определения, ЧП является показателем не активности α -амилазы зерна или муки, а суммарной автолитической их активности.

Наряду с α -амилазой в разжижении прогреваемой водно-мучной суспензии существенную роль играют и другие гидролитические и дезагрегирующие ферменты, в частности протеиназы, активность которых также возрастает при прорастании зерна.

В настоящее время для определения ЧП производятся также и автоматизированные приборы.

Определение консистенции водно-мучной массы, клейстеризованной электроконтактным прогревом. В МТИППе был разработан также метод определения автолитической активности ржаной муки по численному значению показателя $K_{ж}$, характеризующего определяемую на пенетрометре консистенцию водно-мучной массы, предварительно клейстеризованной электроконтактным прогревом до 75°C².

В принципе определение заключается в следующем. Водно-мучная масса готовится с влажностью, постоянной для каждого сорта муки (для обдирной муки 70%, обдирной 69 и сеяной 66%), при комнатной температуре.

Электроконтактный прогрев водно-мучной массы осуществляется на специальном для этого автоматизированном приборе в прямоугольном продолговатом

сосуде из электропроводящего материала, разбитым боковыми перегородками из этого же материала на три отделения. Воду двух противоположных внутренних поверхностей дляных боковых стенок этого сосуда истончили пластины — электродами. Все три отделения сосуда засыпаются водно-мучной массой. В одно из отделений опускается нижний электролитический термометр установки. После взбалтывания электролитическая масса прогревается и прогрев через одну минуту достигается одинаковой температуры (75°C), после чего электрическая цепь нагревателя автоматически размыкается. После этого сосуд с клейстеризованной водно-мучной массой переносится на подъемный столик пенетрометра, на котором и производится последовательно в двух отделениях сосуда определение $K_{ж}$ — глубины погружения в прогретую массу в течение 5 с с пяти погружения кощеской формы при общей массе системы погружения 60 г.

Чем выше автолитическая активность ржаной муки, тем больше численное значение $K_{ж}$, выражаемое в единицах прибора.

Другие методы определения автолитической активности ржаной муки. Для определения хлебопекарной способности ржаной муки был разработан и ряд других автолитических методов.

Так, например, в ряде стран для этой цели определяют сахаробразующую способность (малтозное число) ржаной муки. В основе этого лежит определение количества мальтозы, образовавшейся в водно-мучной суспензии за 1 ч ее автолиза при 27°C (см. описанное выше определение сахаробразующей способности пшеничной муки).

В А. Мисской (МТИПП, 1965) показал, что для оценки свойств ржаной обдирной и сеяной муки можно использовать и определение ее газообразующей способности по той же методике, что и для пшеничной муки.

Газообразующая способность ржаной муки, так же как и пшеничной, в основном зависит от ее сахаробразующей способности и поэтому тем больше, чем выше автолитическая активность муки.

Было показано, что расплываемость ($D_{из}$) шарика из 100 г теста за 3 ч при 30°C также тем больше, чем выше автолитическая активность ржаной муки.

В МТИППе с участием НПО «Агроприбор» был разработан также и метод определения автолитической активности (числа) ржаной муки. В основе этого лежит определение количества смеси (ВМС) с влажностью 90%, прогретой на приборе ППВМС-1 при перемешивании до 75°C. Прибор ППВМС-1 был создан для приготовления ВМС. Текучесть прогретой ВМС определялась по длине пути течения ($S_{тек}$, мм) установленной ее порции по дну желоба-корыта прибора ПААМ-1 за 20 с. Чем выше автолитическая активность муки, тем соответственно больше величина показателя $AA = S_{тек}$.

В МТИППе было установлено, что реологические свойства ВМС, приготовленной и прогретой на приборе ППВМС-1, могут быть определены с помощью вискозиметра общего назначения марки ВПЖ-1 (диаметр капилляра 1,51 мм). Чем выше автолитическая активность муки, тем ниже динамическая вязкость ВМС.

Фреде¹ предлагал определять автолитическую активность прогретой ВМС по растеканию смеси определенной ее порции на поверхности стеклянной пластины, под которую подложен лист с 15 концентрическими окружностями с равномерно возрастающими диаметрами.

ВМС выливается над центром наименьшей окружности. Чем выше автолитическая активность муки, тем больше будет диаметр окружности, до которой за заданный период времени растечется определенная порция прогретой ВМС².

¹ Frede I. Einfache Methode zur Ermittlung der Roggenmehlqualität. — Brot und Gebäck, 1970, № 5, s. 94—96.

² Метод Фреде для определения автолитической активности был модифицирован ЛО ВНИИХП, и методика на него была в 1980 г. утверждена Управлением Минпищепрома СССР.

¹ При резко повышенной автолитической активности зерна или муки ее несколько увеличивается до 9 г.

² А. С. 139691 (СССР). — Б. И., 1964, № 1.

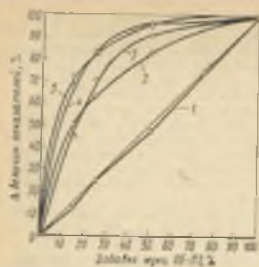


Рис. 12. Влияние добавления к муке Об-Н муки Об-ПЗ на различные показатели:

1 — $K_{т}$; 2 — $K_{к}$; 3 — ЧП; 4 — АА_{гост}.

температуры условия для его амилолиза в результате автолитического действия. По температурному режиму эти условия приближаются к тем, которые наблюдаются в выпекаемой тестовой заготовке.

Такие методы можно условно именовать горячими методами.

К числу показателей автолитической активности ржаной муки, определяемых горячими методами, можно отнести: АА_{гост}, $\eta_{\max}$ -амилограммы, ЧП и $K_{кн}$. Выпечка колобка из муки и воды также относится к этой группе методов.

Ко второй группе — холодных методов — относятся те, при применении которых температура водно-мучной смеси существенно ниже температуры клейстеризации крахмала.

Из рассмотренных нами методов к холодным можно отнести: определение $K_{т}$ теста после автолиза при 35°C; определение сахарообразующей способности (мальтозного числа) муки (27°C); определение газообразующей способности теста (30°C) и определение распыляемости (D_{100}) шарика теста (30°C).

На рис. 12 приведен график, показывающий характер изменения отдельных показателей автолитической активности ($K_{т}$, $K_{кн}$, ЧП, АА_{гост} и $\eta_{\max}$ -амилограммы) у обойной муки из нормального зерна (Об-Н), из зерна, которое проращивалось 3 сут (Об-ПЗ), и в смесях муки Об-Н с 15, 25 и 50 % муки Об-ПЗ.

Чтобы исключить несопоставимость численных значений и размерностей отдельных показателей, на оси ординат графика отложены относительные величины изменения (Δ) определявшихся показателей, выраженные в процентах к численному значению показателя у муки Об-Н. За 100% принята разность значений данного показателя у муки Об-ПЗ и Об-Н.

Сравнительная оценка отдельных автолитических методов определения хлебопекарного достоинства ржаной муки. Описанные выше автолитические методы можно разделить на две группы.

К первой группе можно отнести методы, предусматривающие прогрев водно-мучной смеси (суспензии или теста) до температуры, значительно превышающей температуру начала клейстеризации ржаного крахмала (~55°C). Клейстеризованный крахмал, как уже отмечалось, гидролизует амилазами во много раз легче и быстрее, чем не-клейстеризованный. Поэтому при применении таких методов создаются оптимальные в отношении атакующести крахмала и тем-

Если бы численные значения показателей изменялись строго пропорционально проценту добавляемой муки из проросшего зерна (Об-ПЗ), то значения Δ этих показателей должны были бы располагаться на прямой, нанесенной на графике точкой линей.

Рассмотрение графика на рис. 12 позволяет отметить следующее.

1. Изменение численных значений показателя, определяемого холодным методом, строго пропорционально количеству в смеси муки из проросшего зерна. Значения $\Delta K_{т}$ лежат почти непосредственно на линии их расчетных значений.

2. Численные значения всех показателей, определявшиеся горячими методами ($\eta_{\max}$, АА_{гост}, $K_{кн}$ и ЧП), изменяются оч. резко при малых добавках муки из проросшего зерна. При увеличении количества добавляемой муки из проросшего зерна численные значения этих показателей продолжают изменяться, но в значительно меньшей степени, чем при малых добавках. Это связано, очевидно, с тем, что оптимальные для амилолиза температурные условия и повышенная атакующесть субстрата приводят к автолизу его основной части уже при относительно малых добавках муки из проросшего зерна.

Отмеченная особенность горячих методов наиболее резко проявляется в изменении величин $\eta_{\max}$ -амилограммы и АА_{гост} муки. В относительно меньшей степени это относится к показателям ЧП и $K_{кн}$.

3. Из изложенного выше следует, что горячие методы определения хлебопекарных свойств ржаной муки особенно целесообразно применять для оценки муки из зерна с небольшим содержанием незначительно проросших зерен.

Для характеристики свойств муки из зерна с большей степенью пророслости и значительным содержанием проросших зерен предпочтительнее холодные методы, например определение $K_{т}$ теста.

В стандартах на зерно и муку пророслость зерна характеризуют по содержанию (в %) в партии или пробе зерен с видимыми признаками пророслости. Степень пророслости этих зерен при этом не учитывается. Для наглядного показа несовершенства такого подхода на рис. 13 и 14 приведены графики изменения численных значений показателей $K_{т}$ теста и $\eta_{\max}$ -амилограммы при добавках к муке из непроросшего зерна одних и тех же количеств (3, 5, 10, 15 и 20%) муки из зерна различной степени пророслости (Об-П1, Об-ПЗ и Об-П5).

Рассмотрение этих графиков показывает, что одинаковые добавки муки из зерна разной степени пророслости приводят к получению смеси с совершенно различными хлебопекарными свойствами. Так, например, добавление 3% муки Об-П1, Об-ПЗ и Об-П5 приводило к получению смеси со значениями $K_{т}$, соответственно равными 92, 134 и 253 ед. прибора, и значениями $\eta_{\max}$, равными 298, 144 и 85 ед. прибора.

ГОСТ на муку ржаную хлебопекарную допускает наличие в размалываемом зерне ржи не более 3% проросших зерен. Ввиду несовершенства визуального определения содержания проросших зерен можно допустить, что с учетом необнаруживаемых этим методом проросших зерен их содержание в размалываемом зерне может доходить до 10%. Поэтому нами была исследована взаимосвязь

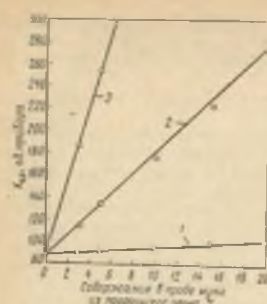


Рис. 13. Изменение численных значений K_m при добавлении к муке О5-П1 муки:
1 — О6-П1; 2 — О6-П2; 3 — О6-П3

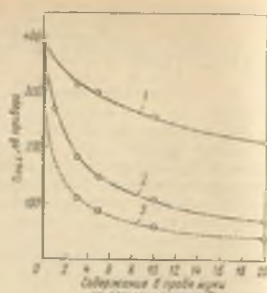


Рис. 14. Изменение численных значений K_m при добавлении к муке О5-П1 муки:
1 — О6-П1; 2 — О6-П2; 3 — О6-П3

мость между численными значениями отдельных показателей автолитической активности ржаной обральной и сеяной муки, полученной из нормального несоросшего зерна, и смесей ее с добавками до 10% муки из зерна ржи, проросшего в течение 1 и 3 сут. В этих образцах и смесях муки определялись численные значения показателей: А_{гост}, п_{макс}, ЧП, K_m , K_{m0} . Были определены значения коэффициента корреляции (r) между численными значениями отдельных этих показателей, приводимые в табл. 7.

Величины r , приведенные в табл. 7, позволяют отметить, что в пределах автолитической активности, которая может быть у муки из зерна ржи с содержанием до 10% проросших зерен, все сопостав-

Таблица 7

Сопоставляемые показатели		$r_{x,y}$	
А	В	Мука сеяная	Мука обральная
K_{m0}	K_m	$-0,931 \pm 0,053$	$-0,961 \pm 0,0067$
K_{m0}	АА _{гост}	$0,978 \pm 0,0175$	$0,922 \pm 0,0321$
K_{m0}	ЧП	$0,902 \pm 0,076$	$0,982 \pm 0,0135$
АА _{гост}	ЧП	$-0,942 \pm 0,0221$	$-0,986 \pm 0,0098$
K_{m0}	K_{m0}	$-0,968 \pm 0,0246$	$-0,945 \pm 0,041$
K_{m0}	АА _{гост}	$-0,944 \pm 0,043$	$-0,865 \pm 0,0903$
K_{m0}	ЧП	$0,992 \pm 0,0065$	$0,879 \pm 0,089$
K_m	ЧП	$-0,941 \pm 0,0462$	$-0,934 \pm 0,054$

данные показатели с практически одинаковой достоверностью отражают это свойство муки.

В лабораториях хлебопечения предпочтительно определение K_m ржаной муки на пенетрометре, так как этот прибор может быть использован и для ряда других определений (H_{m0} клейковины, K_m пшеничного теста, сжимаемость, пластичность и упругие свойства мякни хлеба).

В лабораториях, имеющих рефрактометрические аппараты, может определяться АА_{гост} ржаной муки.

При отсутствии и пенетрометра, и рефрактометра производится выпечка колобка.

Для характеристики же автолитической активности зерна ржи предпочтительнее определение числа падения на приборе Харберга—Пертена при измельчении зерна на специальной мельничке, входящей в комплект прибора.

Пробные выпечки из ржаной муки. Лабораторные пробные выпечки из ржаной муки применяются в исследовательских работах, связанных с оценкой хлебопекарного достоинства зерна отдельных сортов ржи и ржаной муки. Для этой цели разработаны ряд методов определения лабораторных пробных выпечек из ржаной муки различных сортов (различного выхода).

Многие из этих методов предусматривают использование заквасок, приготовленных из исследуемой муки, в качестве преарата бродильной микрофлоры. Длительность и многофазность закваски этих заквасок, неустойчивая и неодинаковая бродильная активность во и трудность приготовления заквасок в условиях лаборатории делают проведение лабораторных пробных выпечек этим методом практически малоудачным.

В последние годы при исследовании хлебопекарных свойств ржаной муки типа производимой у нас в стране сеяной муки все чаще применяют пробные выпечки с приготовлением теста не на заквасках, а на дрожжах, с добавлением пищевой молочной, а в отдельных методиках и уксусной и лимонной кислоты. Приготовление теста производится в одну или две фазы.

Пробные выпечки из ржаной муки в производственных лабораториях нашей хлебопекарной промышленности не производятся, а хлебопекарные свойства данной муки оцениваются по показателям ее автолитической активности.

МУКА ИЗ ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ

Над созданием новой зерновой культуры — тритикале — путем скрещивания пшеницы и ржи уже с конца прошлого века работают селекционеры многих стран. Целью создания тритикале¹ было сочетание в этой культуре лучшего из свойств ее родителей — пшеницы и ржи: от пшеницы нужно было получить более высокую урожайность и большее содержание белка, от ржи — меньшую тре-

¹ Название «тритикале» состоит в себе подчеркнутые части латинских названий пшеницы (*Triticum*) и ржи (*Secale*).

бователю к почве, климату и погодным условиям (зимостойкость), большую стойкость к заболеваниям и лучший аминокислотный состав белка.

Большой вклад в создание видов и сортов тритикале, отвечающих этим требованиям, внесли и советские селекционеры. В Украинском НИИ растениеводства, селекции и генетики им. В. Я. Юрєва под руководством А. Ф. Шульгина были созданы трехлинейные (из твердой и мягкой озимой пшеницы и озимой ржи) амфидиплоиды (далее сокращенно — АД) сортов АД-196, АД-201, АД-206 и АД-209.

Эти сорта успешно прошли государственные производственные сортоиспытания. Наиболее перспективным, особенно для получения зерна хлебопекарного назначения, был признан сорт АД-206.

Установлено, что данный сорт наиболее урожайный и содержит количество белка, в ряде случаев даже больше, чем в зерне пшеницы. От ржи этот сорт получал высокую зимостойкость и сопротивляемость ряду заболеваний.

Содержание в белке наиболее дефицитной в белке злаков аминокислоты лизина, а также метионина в зерне тритикале существенно выше, чем в зерне пшеницы, но несколько ниже, чем в зерне ржи.

Посевные площади, занятые культурой тритикале, в нашей стране быстро увеличиваются (в 1977 г. — 25 тыс. га, в 1978 г. — 70 тыс. га, а в 1980 г. — уже 200 тыс. га).

С учетом этого во ВНИИЗе разработаны промышленные помолы зерна тритикале с выработкой муки типа сеяной, обдирной и обойной. Исследуются при этом и мукомольные свойства зерна тритикале и биохимические свойства муки из него. В Харьковском отделении ВНИИХПа и МТИППе дополнительно исследуются хлебопекарные свойства муки из зерна тритикале и вопросы, связанные с использованием ее в хлебопекарном производстве.

В табл. 8 приведены полученные в МТИППе данные, характеризующие муку из зерна тритикале АД-206, полученную помолами, разработанными во ВНИИЗе. Следует отметить, что содержание

Таблица 8

Показатели	Мука из тритикале АД-206 типа		
	сеяной	обдирной	обойной
Выход, %	72	87	96
Зольность, % на СВ	0,70	1,43	1,58
Содержание белка, % на СВ	14,2	14,9	15,1
Содержание сырой клейковины, %	34,2	32,0	26,4
H_{20}^{10} клейковины, ед. прибора	103,3	104	108
АА по ГОСТ 9401—60, % водорастворимых веществ	62,1	69,9	73,3
Газообразующая способность, мл CO_2 за 5 ч	1290	1738	1948

белка в муке из АД-206 существенно выше, чем в соответствующих сортах ржаной муки (по сеяной муке — в 1,77, по обдирной в 1,45 и по обойной в 1,22 раза).

При этом содержание белка в муке из зерна тритикале, так же как и в муке ржаной и пшеничной, тем выше, чем больше выход муки.

Содержание сырой клейковины в муке зерна тритикале, высокое, но наибольшее у муки сеяной (34,2%) и наименьшее — у муки обойной (26,4%).

По качеству клейковина муки из зерна тритикале, как видно из значений показателя H_{20}^{10} (в пределах от 103 до 108 ед. прибора), относится к категории явно слабой, причем наиболее слабой является клейковина обойной муки. Это связано, очевидно, с тем, что мука из зерна тритикале имеет значительно большую автолитическую активность (АА) по сравнению с пшеничной мукой.

Повышенная АА муки из зерна тритикале обусловлена не только резко повышенной активностью α -амилазы, но и также существенно большей протеолитической активностью, близкой к величине этого показателя у ржаной муки.

Резко повышенная АА муки из зерна тритикале подтверждается в ряде исследований и по значениям τ_{max} -амилограмм и числа падений (ЧП).

Суммируя эти данные, следует отметить, что повышенная АА и слабая по структурно-механическим свойствам клейковина муки из зерна тритикале должны учитываться при разработке технологии приготовления теста из этой муки или из ее смесей с пшеничной мукой.

ВОДА

Вода, применяемая при производстве хлеба, должна удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к питьевой воде (ГОСТ 13850—68). Контроль за пригодностью воды для хлебопечения осуществляется органами государственной санитарной инспекции.

Для технологической оценки воды существенно знать ее жесткость, обуславливаемую содержанием солей кальция и магния. Жесткая вода улучшает структурно-механические свойства клейковины и теста из слабой муки.

В случае применения хлорированной воды важно знать содержание в воде остаточного хлора, обладающего окислительным действием и поэтому также укрепляющего слабую клейковину.

ДРОЖЖИ

В хлебопечении применяются жидкие, прессованные и сухие дрожжи.

Жидкие дрожжи готовят непосредственно на хлебозаводах. Их приготовление можно рассматривать как первую фазу пригото-

ления теста. В связи с этим вопросы приготовления и оценки качества жидких дрожжей излагаются в главе V «Приготовление опивного теста».

ПРЕССОВАННЫЕ ДРОЖЖИ

Дрожжи хлебопекарные прессованные должны удовлетворять качествным требованиям ГОСТ 171—81, который распространяется на прессованные хлебопекарные дрожжи, представляющие собой технически чистую культуру дрожжевых грибов — сахаромыцетов.

ГОСТ предусматривает требования к органолептически определенным показателям качества прессованных дрожжей, как их цвет, консистенция, запах и вкус. Характеристика требований по этим показателям словесная.

По физико-химическим показателям предусмотрено определение в прессованных дрожжах: влажности (должна быть не более 75%); подъемной силы (подъем теста до 70 мм, который должен не превышать 70 мин); кислотности и стойкости при хранении (при температуре 35°C).

Методики определения вышеперечисленных показателей качества прессованных дрожжей приведены в разделе 3 ГОСТ 171—81.

Наибольшее технологическое значение имеет подъемная сила дрожжей.

Этот показатель определяется путем замешивания теста из 280 г хлебопекарной пшеничной муки 1 сорта, 160 мл 2,5%-ного раствора поваренной соли и 5 г дрожжей. Замешенное тесто формируют в виде батона и помещают в предварительно прогретую форму определенных размеров, смазанную растительным маслом. На борты формы поверх теста накладывают плавку, расстояние от которой до дна формы 70 мм.

Затем форму с тестом помещают в термостат (35°C) и определяют период времени, необходимый для того, чтобы тесто, объем которого при брожении увеличивается, поднялось до соприкосновения с поперечной плавкой. Время подъема, выраженное в минутах, и является показателем подъемной силы дрожжей (быстроты подъема теста). Чем меньше это время, тем лучше по бродежной активности дрожжи.

Детали методики этого определения, помимо ГОСТ 171—81, описаны в руководстве по технологическому контролю [27, 34, 36].

Разработан и усовершенствован метод определения подъемной силы прессованных дрожжей по времени, необходимому для того, чтобы шарик теста с испытываемыми дрожжами всплыл в стакане с водой при 30°C. Этот метод широко применяется при оценке подъемной силы жидких дрожжей, заквасок и других полуфабрикатов. В связи с тем что ГОСТ 171—81 нормирует прессованные дрожжи по показателю быстроты подъема теста в форме, метод «всплывающего шарика», хотя он и проще, и быстрее, и упоминает в ГОСТе, может применяться только для производственного контроля.

Для определения стойкости прессованных дрожжей при хранении в МТИПБ разработан объективный и быстрый метод с применением для этой цели современного пелетометра, характеризующий изменение дрожжей при хранении.

Следует отметить, что ГОСТ 171—81 не предусматривает определения ряда свойств прессованных дрожжей, существенных в хлебопекарном отношении.

Существенным является содержание в прессованных дрожжах глютамина, способного переходить в водный раствор и, следовательно, выполнять в тесте роль активатора протеолиза.

Прессованные хлебопекарные дрожжи должны быть технически чистой культурой дрожжей — сахаромыцетов. Практически, однако, прессованные дрожжи, вырабатываемые большинством наших дрожжевых заводов, в большей или меньшей мере (иногда до 30—40%) содержат также дикие или посторонние дрожжевые грибы (родов *Candida*, *Torulopsis* и др.), которые, хотя и увеличивают выход товарного продукта, но резко снижают бродежную активность прессованных дрожжей и их стойкость при хранении. Содержание в хлебопекарных прессованных дрожжах посторонних и диких дрожжей следовало бы также лимитировать.

В работах последних лет большое внимание уделяется микробиологической активности дрожжей, имеющей, как будет показано в главе V, существенное значение при брожении теста.

Разработаны и несложные методы определения микробиологической активности дрожжей. Это свойство прессованных дрожжей также целесообразно контролировать и нормировать.

СУШЕНЫЕ ДРОЖЖИ

Сушеные дрожжи предназначаются для использования при приготовлении хлеба в случаях, когда невозможна доставка на предприятие и сохранение прессованных дрожжей или приготовление жидких дрожжей.

Требования к качеству хлебопекарных дрожжей установлены ОСТ 18-193—74. Этот ОСТ предусматривает, что в зависимости от физико-химических показателей эти дрожжи делятся на два сорта — высший и 1.

Сушеные дрожжи могут быть в форме вермишели или грибул с содержанием до 10% пылевидных частиц.

Сушеные дрожжи высшего сорта должны иметь влажность не более 8%, подъемную силу — до 70 мин и сохранность не менее 12 мес.

Сушеные дрожжи 1 сорта могут иметь влажность до 10%, подъемную силу до 90 мин и сохранность не менее 5 мес.

Определение подъемной силы сушеных дрожжей в принципе аналогично тому, как по ГОСТ 171—81 определяется быстрота подъема теста. Отличие состоит в соответственно меньшей навеске дрожжей (2,5 г) и в предварительной выдержке (активации) их в небольшой порции смеси муки и воды (при 35°C в течение 30 мин).

Определяется и требования к фасовке, упаковке и маркировке товарных хлебопекарных сушеных дрожжей и к условиям их хранения (не выше чем при 15°C) и транспортирования.

ДРОЖЖЕВОЕ МОЛОКО

Дрожжевое молоко, предварительно сконцентрированное, также применяется в хлебопечении — на предприятиях, расположенных относительно недалеко от дрожжевых заводов, с которых перевозятся в цистернах типа молочных. Дрожжевые клетки в этом жидком продукте находятся в биологически более активном состоянии, чем в прессованных дрожжах. На дрожжевых же заводах исключаются конечные операции производства дрожжей, в том числе прессование и упаковка.

С 1 июля 1981 г. вступил в действие отраслевой стандарт ОСТ 18-369—81 «Молоко дрожжевое. Технические требования».

Данный стандарт распространяется на дрожжевое молоко, представляющее собой водную суспензию клеток *Sacch. cerevisiae*, полученную в результате размыкания из культуральной среды, ступенчатая на сепараторах, выделение на вакуум-фильтре или фильтр-прессе и предназначенную для использования в хлебопекарном производстве.

Предусмотрено определение органолептическим способом таких показателей дрожжевого молока, как вкус, запах, цвет и консистенция.

Концентрация дрожжей в 1 л дрожжевого молока и пересчете на дрожжи влажностью 75% должна быть не менее 450 г.

Дрожжи, сушеные в дрожжевом молоке, должны соответствовать требованиям ГОСТа на прессованные дрожжи по влажности (не более 75%) и водной силе (не более 75 мин). Предусмотрено ОСТом на дрожжевое молоко определение их кислотности в день выработки их заливкой в чаше 72 ч хранения при температуре от 0 до 16°C.

Определение этих показателей описано в разделе «Методы испытаний» ОСТа, а также в литературе [34, 36].

СПИРТОВЫЕ ДРОЖЖИ

Из остаточных дрожжей спиртового производства (*Sacch. cerevisiae*, расы В и Я) вырабатываются прессованные дрожжи, предназначенные для использования в хлебопечении. Далее для краткости мы их будем называть спиртовыми дрожжами.

Доля их в общем количестве прессованных дрожжей, производимых в нашей стране, составляет 20—25%, а в Украинской ССР — около двух третей. В Харьковском отделении ВНИИХПа за последнее десятилетие проведены широкие исследования микробиологических и хлебопекарных свойств и особенностей спиртовых дрожжей. Установлено, что в прессованных спиртовых дрожжах количество молочнокислых бактерий в 2,7 раза ниже, чем в обычных хлебопекарных дрожжах.

Следствием этого является то, что в тесте на спиртовых дрожжах кислотность повышается недостаточной быстро.

В отличие от обычных прессованных дрожжей в спиртовых дрожжах практически отсутствуют дикие формы дрожжей рода *Candida*. Количество же гнилостных бактерий в спиртовых дрожжах выше почти в 1,5 раза по сравнению с обычными. Это, естественно, снижает стойкость спиртовых дрожжей при их хранении.

Еще десять лет тому назад отмечали, что спиртовые дрожжи имеют нормальную зимнюю и резко пониженную мальтазную активность. Работами ХО ВНИИХПа было, однако, установлено, что спиртовые дрожжи, внесенные в опару или тесто, очень быстро адаптируются к сбраживанию мальтозы, после чего сбраживают ее значительно интенсивнее и быстрее обычных хлебопекарных дрожжей. Из этого следует, что в процессе приготовления теста спиртовые дрожжи обладают высокой не только зимней, но и мальтазной активностью. Это необходимо учитывать технологиям при применении спиртовых дрожжей в хлебопечении.

СОЛЬ

В хлебопечении должна применяться соль поваренная пищевая, удовлетворяющая требованиям ГОСТ 13830—68.

Этот ГОСТ предусматривает выпуск четырех сортов соли: экстра, высшего,

1 и II. В хлебопекарной промышленности в основном используется [36, с. 114] соль I и II сорта, в которой должно содержаться соответственно: влаги не более 5 и 6%; хлорида натрия не менее 97,7 и 97% на СВ и вещества, нерастворимых в воде, не более 0,45 и 0,85% на СВ.

Предусмотрено ГОСТом и максимально допустимое содержание в соли Са, Mg, Fe₂O₃ и Na₂SO₄.

У соли высшего, I и II сорта допускаются такие оттенки цвета, как сероватый, желтоватый и розоватый. Соль должна быть без посторонних механических примесей, заметных на глаз, и без запаха.

5%-ный раствор соли должен иметь соленый вкус без посторонних привкусов и запахов и нейтральную или близкую к ней реакцию.

В ГОСТе оговорено, что соль может выпускаться микрокристаллическая — выварочная, молотая и мелкотолченная следующие типов: комовая (глыбистая), дробленая и зернистая. Для отдельных сортов соли предусмотрены и номера помолов (№0, 1, 2 и 3), обуславливающие крупность ее частиц. (Более подробно о свойствах соли и методах определения показателей ее состава и качества смотри в соответствующих руководствах [30, 34, 36]).

Глава IV

Прием, хранение и подготовка хлебопекарного сырья

Муку, дрожжи, соль, сахар и другие виды хлебопекарного сырья хранят на хлебопекарных предприятиях в течение определенного времени. Некоторые виды хлебопекарного сырья требуют проведения подготовительных операций.

ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ ХРАНЕНИИ МУКИ

Во время хранения муки, особенно свежемолотой, в ней происходит ряд процессов, вызывающих изменение ее качества. В зависимости от исходных свойств муки, продолжительности и условий хранения качество муки может либо улучшаться, либо ухудшаться.

При хранении муки после помола в благоприятных условиях ее хлебопекарные свойства улучшаются; это явление принято называть созреванием муки. Процессы, которые происходят при хранении муки в неблагоприятных условиях, приводят к ухудшению ее качества, а иногда и к порче муки.

СОЗРЕВАНИЕ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Свежемолотая мука, особенно мука из только что убранного зерна, образует обычно липковатое, мажущееся и быстро разжижающееся при брожении тесто. Для получения из такой муки теста нормальной консистенции приходится добавлять уменьшенное количество воды. При расстойке куски теста быстро расплы-

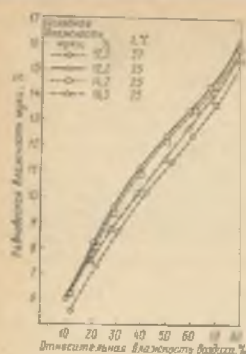


Рис. 15. График зависимости относительной влажности муки от относительной влажности и температуры воздуха

величину равновесной влажности муки, является относительная влажность воздуха. Некоторое влияние оказывает также температура воздуха.

На рис. 15 приведен график, иллюстрирующий зависимость величины равновесной влажности муки от относительной влажности и температуры воздуха. Анализируя график, мы видим, что при хранении влажность муки может изменяться в сторону как снижения, так и повышения в зависимости от исходной влажности муки и параметров воздуха в мучном складе.

Если при поступлении на склад хлебопекарной влажности муки ниже равновесной влажности, соответствующей параметрам воздуха в складе, то при хранении влажность муки будет увеличиваться. Если же влажность муки при поступлении на склад выше равновесной влажности, то при хранении влажность муки будет снижаться.

При хранении муки в мешках, уложенных в штабеля, влажность ее изменяется медленно. Значительное изменение влажности муки практически может происходить только в партиях, длительное время хранящихся на складе хлебопекарной.

Изменение цвета муки

Во время хранения муки цвет ее становится светлее. Причиной посветления муки является окисление содержащихся в ней каротиноидных и ксантофилловых пигментов. При хранении в мешках

являются. Хлеб из свежесмоленной муки получается пониженного объема и при выпечке на поду раскисляется. На поверхности корки часто наблюдаются мелкие трещины. Выход хлеба снижается.

После известного периода хранения в нормальных условиях хлебопекарные свойства свежесмоленной муки улучшаются. Тесто и хлеб из муки, прошедшие период созревания, обладают нормальными для данной муки свойствами.

Ниже рассмотрено изменение отдельных показателей качества муки при хранении ее после помола.

Изменение влажности муки

Влажность муки при хранении изменяется до величины равновесной влажности, соответствующей параметрам воздуха в складе. Основным параметром, определяющим влажность муки, является относительная влажность воздуха. Некоторое влияние оказывает также температура воздуха.

Если при поступлении на склад хлебопекарной влажности муки ниже равновесной влажности, соответствующей параметрам воздуха в складе, то при хранении влажность муки будет увеличиваться. Если же влажность муки при поступлении на склад выше равновесной влажности, то при хранении влажность муки будет снижаться.

При хранении муки в мешках, уложенных в штабеля, влажность ее изменяется медленно. Значительное изменение влажности муки практически может происходить только в партиях, длительное время хранящихся на складе хлебопекарной.

посветление муки происходит весьма медленно и может быть практически опущено только при длительном хранении, сроки которого выходят за пределы, обычные для хлебопекарной.

Наилучший цвет муки приобретает обычно после трех лет хранения. При дальнейшем хранении заметных изменений цвета муки уже не происходит.

Применение на мельницах и хлебопекарных пневматического транспорта ускоряет ее посветление.

Изменение кислотности муки

Кислотность муки обуславливается присутствием жирных кислот — продуктов гидролитического расщепления жира муки; кислот фосфатов, образующихся в результате распада фосфорорганических соединений, и в очень незначительной степени — продуктов гидролиза белков, имеющих кислотный характер, и органических кислот (молочной, уксусной, щавелевой и др.).

При хранении после помола титруемая и активная кислотность муки возрастает.

Нарастание титруемой кислотности муки особенно интенсивно происходит в первые 15—20 дней после помола. При дальнейшем хранении кислотность ее возрастает незначительно и очень медленно. Нарастание титруемой кислотности муки происходит тем скорее и интенсивнее, чем больше выход и влажность муки и чем выше температура ее хранения. В табл. 9 приведены данные Н. П. Козьмичевой, иллюстрирующие влияние этих факторов на нарастание кислотности муки при ее хранении.

Установлено, что нарастание кислотности муки при хранении после помола в основном обусловлено накоплением в ней свободных жирных кислот. Хранение муки, из которой жир был экстрагирован эфиром после помола, не сопровождалось увеличением ее кислотности.

Таблица 9

Исходная влажность муки, %	Длительность хранения после помола, дни	Титруемая кислотность (в градусах) муки, хранящейся при температуре, °C	
		15	45
13,5	0	4,1	4,1
	24	4,2	4,6
	63	4,2	4,8
15,0	0	4,1	4,1
	24	4,2	5,2
	63	4,3	5,3

Изменение жира муки

Как уже отмечалось выше, нарастание кислотности муки при хранении после помола обусловлено накоплением свободных жирных кислот. Накопление свободных жирных кислот в процессе хранения муки вызвано действием на ее жир фермента липазы, способного гидролитически расщеплять жиры на глицерин и свободные жирные кислоты.

Указывают на возможную роль микроорганизмов муки в гидролитическом распаде ее жира.

В зерле жир находится в основном в зародыше в количестве около 15%. Жир зародыша содержит значительное количество ненасыщенных жирных кислот — линолевой и олеиновой — и значительно меньше линоленовой кислоты.

В связи с гидролизом жира и накоплением свободных жирных кислот кислотное число жира муки при ее хранении возрастает.

Гидролитический распад жира муки идет тем интенсивнее, чем выше влажность муки и температура ее хранения.

Данные табл. 10 характеризуют нарастание величины кислотного числа жира муки, хранившейся при разной температуре.

Было установлено известное нарастание кислотного числа жира муки и при хранении ее на морозе (при температуре от -5 до -18°C).

Изменения жира муки при хранении не ограничиваются только гидролитическим расщеплением части его с выделением при этом свободных жирных кислот. Свободные ненасыщенные жирные кислоты легко подвергаются окислительным воздействиям.

Под действием липоксигеназы муки ненасыщенные жирные кислоты образуют промежуточные пероксидные соединения, обладающие большой окислительной активностью. Посветление муки при хранении в результате окисления каротиноидных и ксантофилловых пигментов, несомненно, сопряжено с окислительным действием промежуточных пероксидов, образуемых липоксигеназой из ненасыщенных жирных кислот.

Липоксигеназа и образующие ею пероксиды ненасыщенных жирных кислот играют, по-видимому, значительную роль и в про-

Таблица 10

Длительность хранения, дни	Кислотное число жира муки, выделенной при температуре, $^{\circ}\text{C}$	
	15	25
0	17,0	17,0
10	19,3	28,5
20	20,0	35,0
30	22,0	52,0

цессе прогоркания жировой фракции муки. Альдегиды и другие вторичные продукты, образующиеся при более глубоком окислении жира, способны придавать муке специфический неприятный вкус и запах.

Изменение белково-протеинового комплекса муки

Общее количество азотсодержащих веществ муки при ее хранении остается практически неизменным. Констатированные отдельными исследователями незначительные колебания количества азотсодержащих веществ муки не носят закономерного характера и лежат в пределах ошибки анализа.

Количество сырой клейковины, отмываемой из муки, в процессе хранения после помола обычно закономерно снижается. Влажность сырой клейковины при этом также снижается.

Исключением могут быть отдельные партии муки из зерна пшеницы, пораженного клопом-черепашкой. Из такой муки клейковина отмывается с трудом. Непосредственно после помола она настолько слаба, что при отмывании только с большим трудом и значительными потерями может быть собрана. После известного периода хранения этой муки вследствие улучшения свойств клейковины последнюю легко и без потерь можно отмыть и собрать. Поэтому, как показали наши наблюдения, количество отмываемой сырой клейковины в отдельных партиях муки из зерна, пораженного клопом-черепашкой, в результате хранения муки после помола может возрастать.

Структурно-механические свойства клейковины при хранении пшеничной муки после помола закономерно изменяются в направлении уменьшения растяжимости и расплываемости, увеличения упругости и сопротивления деформации.

Клейковина слабая непосредственно после помола, через 1,5—2 мес отлежки муки приобретает свойства клейковины, средней по силе. Средняя по силе клейковина становится сильной. Сильная клейковина приобретает свойства очень сильной.

Чем слабее была мука непосредственно после помола, тем резче и заметнее улучшаются при хранении физические свойства клейковины.

Структурно-механические свойства теста из пшеничной муки в результате хранения ее после помола также закономерно изменяются. Влажность муки, характеризующая количеством воды, добавляемой к муке для получения теста нормальной консистенции, возрастает. Степень разжижения теста в процессе его замеса и брожения и его расплываемость в процессе расстойки и выпечки снижаются. Липкость теста также снижается. Упругость теста возрастает.

Особенно резко улучшаются структурно-механические свойства теста при хранении муки, обладающей непосредственно после помола свойствами очень слабой или слабой муки.

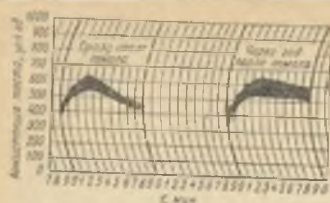


Рис. 16. Фаринограммы пшеничной муки, полученные сразу после помола и год спустя

Для иллюстрации этого явления на рис. 16 приведены две полученные нами фаринограммы замеса теста из муки в воду. Первая фаринограмма характеризует физическое свойства теста из очень слабой муки вскоре после помола, вторая — тесто из той же муки после годичной ее отлежки.

Изменения физических свойств клейковины и теста из пшеничной муки, происходящие при отлежке муки после помола, свидетельствуют о том, что сила муки возрастает.

Возрастание силы муки является результатом соответствующих изменений отдельных компонентов белково-протеинового комплекса муки. Установлено, что при хранении пшеничной муки после помола снижается ферментативная атакуемость ее белковых веществ, уменьшается содержание активаторов протеолиза и активность протеиназ.

Изменение углеводно-амилазного комплекса муки

Содержание в муке собственных сахаров при хранении остается практически неизменным. Данные об изменении сахаробразующей способности муки противоречивы. Различными исследователями отмечалось то возрастание, то снижение этого показателя. Отдельные исследователи констатировали попеременное снижение и возрастание сахаробразующей способности муки. Иные наблюдения из изменения сахаробразующей способности муки из зерна, пораженного клещом-черепашкой, в процессе примерно годичного хранения после помола показали закономерное и довольно существенное снижение этого показателя.

Большинство экспериментальных данных свидетельствует все же либо о практической неизменности, либо о некотором снижении показателей сахаро- и газообразующей способности муки при ее хранении после помола. Это можно объяснить как снижением ферментативной атакующести крахмала муки вследствие уплотнения его микеллярной структуры, так и косвенным влиянием изменений, происходящих при хранении в белково-протеиновом комплексе, на активность амилаз муки.

Изменение качества хлеба

В результате созревания пшеничная мука становится сильнее. Соответственно этому изменяются и показатели качества хлеба. Увеличивается объем хлеба, увеличивается и улучшается пори-

стость мякиша и снижается распыляемость подовых изделий. В наибольшей степени эти показатели улучшаются у хлеба из муки слабой и в несколько меньшей — у муки, средней по силе в момент помола.

Мука сильная, становясь в результате созревания еще более сильной, а при длительном хранении и чрезмерно сильной, дает при обычном режиме приготовления теста хлеб того же или даже несколько меньшего объема, чем свежемолотая мука. Таким образом, чем слабее мука непосредственно после помола, тем больше улучшается качество хлеба в результате ее созревания.

Сущность процесса созревания муки

Из изложенного выше видно, что при хранении пшеничной муки после помола в ней происходят следующие изменения:

1) влажность стремится достигнуть значения равновесной влажности, соответствующей параметрам воздуха;

2) цвет становится светлее вследствие окисления пигментов муки;

3) кислотность нарастает в результате накопления свободных, преимущественно ненасыщенных жирных кислот;

4) протеолитическая активность, атакующесть белковых веществ и количество активаторов протеолиза понижаются. Вследствие этого улучшаются структурно-механические свойства клейковины и теста, увеличивается водопоглощательная способность муки и она становится сильнее;

5) сахаро- и газообразующая способность либо остается практически неизменной, либо несколько снижается.

Изменения влажности, цвета и кислотности муки сами по себе не могут быть причиной улучшения качества хлеба. Некоторое снижение сахаро- и газообразующей способности муки, обычно наблюдаемое в результате созревания муки, также не может улучшить качество хлеба.

Сущность процесса созревания обусловлена процессами, изменяющими структурно-механические свойства клейковины и теста, т. е. белково-протеиновый комплекс муки, и делающими муку более сильной.

Какова же сущность процессов, изменяющих белково-протеиновый комплекс муки в результате ее созревания?

Экспериментальные данные, полученные различными исследователями, позволяют считать, что белково-протеиновый комплекс муки в процессе созревания изменяется в результате окислительного воздействия.

Еще в 1924 г. Кентом Джонсом было показано, что мука, хранящаяся в отсутствие кислорода (в вакуум-экспикаторе над раствором пирогаллола), не изменяет своего цвета и хлебопекарных свойств.

Общезвестно, что изменение свойств свежемолотой муки, аналогичное тому, которое происходит при ее естественном созре-

вапии в течение одного-двух месяцев, может быть достигнуто и искусственным окислительным воздействием на муку или тесто.

Отбелка такой муки рядом окислителей (окислами азота, хлором, треххлористым азотом и др.) вызывает практически мгновенное посветление муки и изменение белково-протеиназного комплекса, аналогичное тому, которое происходит при естественном созревании муки. Такой же эффект вызывается добавлением к тесту при его замесе тысячных долей процента (от массы муки) таких улучшителей окислительного действия, как бромат калия ($KBrO_3$) или йодат калия (KIO_3). Аналогичный эффект может быть достигнут и при замесе теста в атмосфере кислорода.

Окисление может изменять все компоненты белково-протеиназного комплекса муки.

Установлено, что при длительном хранении пшеничной муки с обычной влажностью (14,5%) в ней существенно снижается количество —SH-групп как общее, так и доступных окислению их части (лабильные —SH-группы). Количество —SH-групп снижалось очень резко в течение первого года хранения муки (общее количество с 0,9 до 0,71 и количество лабильных групп — с 0,68 до 0,43 мк-экв. на 1 г муки) и очень медленно и незначительно в течение 5 последующих лет ее хранения. Снижение количества —SH-групп в муке при ее созревании может происходить в результате окисления их во всех компонентах белково-протеиназного комплекса.

Окисление —SH-групп в белковом веществе муки с образованием поперечных —S—S—связей приводит к уплотнению и упорядочению структуры белка и уменьшению его податливости протектизу.

Происходит окисление —SH-групп и в активаторе протектиза — глютатионе муки. Установлено, что в пшеничной муке 60%-ного выхода количество восстановленного глютатиона всего за 14 дней хранения после помола снижалось с 0,9 до 0,06 мг на 100 г.

Наконец, по аналогии с пшеницей может происходить окисление сульфгидрильных групп и в молекуле протектиза, переводящее этот фермент или часть его в неактивное состояние.

Такое влияние окислительного воздействия на компоненты белково-протеиназного комплекса муки хорошо согласуется с экспериментальными данными значительного ряда исследований и вполне обоснованно и логично может характеризовать сущность процесса созревания пшеничной муки.

Как уже указывалось выше, окислительные процессы вызывают посветление муки при хранении, сопутствующее изменению ее силы. Однако не все исследователи, занимавшиеся изучением процессов, происходящих при созревании муки, разделяют эту точку зрения.

Так, например, Н. П. Козьмина в исследованиях, проведенных ею и ее сотрудниками, экспериментально установила зависимость между накоплением в муке при хранении после помола свободных

ненасыщенных жирных кислот и изменением физических свойств клейковины.

Было установлено, что чем больше кислотное число жира муки, тем больше в ней свободных ненасыщенных жирных кислот, тем сильнее клейковина, тем сильнее мука. Если из созревшей муки экстрагировать жировую фракцию, то клейковина приобретает свойства клейковины свежесмоленной муки. В то же время добавление к свежесмоленной муке свободных ненасыщенных жирных кислот, например олеиновой кислоты, увеличивает силу клейковины и муки.

Исходя из этих данных, Козьмина, рассматривая вопрос об изменении клейковины и хлебопекарных качеств муки при хранении, считала причиной этих изменений специфическое влияние свободных ненасыщенных жирных кислот на коллоидные свойства клейковины, уменьшающее ее способность к набуханию и укрепляющее ее студень. Роль окислительного воздействия на белково-протеиназный комплекс муки при этом даже не упоминалась.

Исследования последних лет и современные представления о природе окислительно-восстановительных систем в биологических объектах позволяют с достаточной достоверностью считать окислительные процессы основной причиной, обуславливающей изменение свойств клейковины и силы муки в процессе ее созревания. При этом роль свободных ненасыщенных жирных кислот ни в какой мере не умаляется.

Как уже отмечалось, ненасыщенные жирные кислоты в присутствии фермента липоксигеназы легко окисляются, образуя соединения типа пероксидов. Эти соединения обладают большой окислительной активностью и, несомненно, способны окислять не только пигменты, влияющие на цветовой оттенок муки, но и соответствующие химические группы других составных веществ муки. Вполне логично допускать окисление этими пероксидами и сульфгидрильных групп как в белковых веществах муки, так и в активаторах протектиза и протектизе муки, имеющих белковую природу.

Еще в 1936 г. было экспериментально показано, что ненасыщенные жирные кислоты, окисленные до пероксидных соединений, во много раз эффективнее изменяют свойства клейковины по сравнению с неокисленными ненасыщенными жирными кислотами.

Установлено также, что окисляющее действие образовавшихся при созревании муки гидропероксидов на —SH-группы может происходить посредством предварительного окисления содержащейся в муке тиоктовой (α-липовой) кислоты, моноокисная форма которой затем окисляет —SH-группы белков и глютатиона.

Роль пероксидных соединений свободных жирных ненасыщенных кислот как активных окислителей показана и в исследованиях Е. И. Ведерниковой, изучавшей изменения жировой фракции зародыша зерна в связи с его влиянием на свойства клейковины, теста и качество хлеба.

Известную роль, не изученную еще, к сожалению, экспериментально, играют и другие окислительно-восстановительные системы, имеющиеся в зародыше и муке.

Возможно, что и некоторые другие процессы, происходящие при созревании и хранении муки, также в известной мере влияют на изменение ее белково-протеиназного комплекса.

Можно, в частности, указать, что восстанавливающие сахара в процессе хранения муки вступают в реакционное взаимодействие с ее белковыми веществами, образуя с ними комплексы соединения. При этом отмечается, что восстанавливающие углеводы могут образовывать в структуре белкового вещества поперечные связи. Дополнительные поперечные связи могут вызывать уплотнение структуры белкового вещества.

При созревании пшеничной муки может происходить и полимеризация водорастворимых пентозанов, приводящая к повышенной вязкости их водных растворов, что установлено экспериментально для ржаной муки.

И все же основной причиной изменения хлебопекарных свойств пшеничной муки в процессе ее созревания следует считать окислительные процессы, интенсивность которых неразрывно связана с содержанием в муке и окислением свободных ненасыщенных жирных кислот.

Факторы, обуславливающие длительность созревания пшеничной муки, и пути его ускорения

Длительность созревания пшеничной муки. Целесообразная длительность процесса созревания муки определяется временем хранения, необходимым для достижения мукой возможного оптимума хлебопекарных свойств.

Длительность процесса созревания пшеничной муки зависит от ряда факторов.

Больше всего времени требуется для созревания муки из свежесобранного зерна. Поэтому наиболее остро проявляется необходимость отлежки муки после помола в осенние месяцы при поступлении на хлебоприемные предприятия свежесмолотой муки из зерна нового урожая.

Влияет на длительность отлежки и сорт (выход) муки. Чем больше выход муки, тем меньше необходимая длительность ее отлежки.

Большую роль играет влажность муки. Чем выше влажность муки, тем быстрее происходит ее созревание.

Исключительное значение имеют температурные условия хранения муки после помола. Чем выше температура в складском помещении, в котором хранится мука, тем скорее она созревает. Хранение муки на морозе, в неотопляемых складах практически почти полностью приостанавливает процессы, вызывающие ее созревание.

Повышение выхода муки, температуры ее хранения и влажности муки ускоряет процесс ее созревания. Это обусловлено тем, что при этом создаются более благоприятные условия для окислительных процессов, которые в основном и вызывают эффект созревания муки.

При хранении муки в мешках большое значение имеют размеры штабелей мешков муки и плотность их укладки. Чем больше

доступ воздуха к каждому мешку муки, тем скорее может идти ее созревание.

Длительность и условия хранения после помола пшеничной муки разной исходной силы должны быть различными.

Мука сильная не должна храниться длительно и при повышенной температуре. Муку слабую, напротив, целесообразно хранить при более высокой температуре или более длительно.

Исследовательские работы и практический опыт хранения и переработки свежесмолотой пшеничной муки позволяют считать, что средняя по силе мука высшего, I и II сорта при хранении в мешках в условиях отапливаемого склада достигает оптимума своих хлебопекарных свойств после 1,5—2 мес хранения. Обычная пшеничная мука для созревания в этих условиях требует 3—4 недельного хранения после помола.

Указанные сроки хранения муки для большинства хлебопекарных предприятий неосуществимы. Поэтому большое значение имеет обязательная отлежка муки до поступления ее на хлебопекарные предприятия. Однако для этого необходимы склады большой емкости. В связи с этим существенный интерес представляют возможные пути ускорения процесса созревания муки после ее помола.

Пути ускорения созревания пшеничной муки. Возможен ряд путей и способов ускорения процесса созревания пшеничной муки, отдельные из которых ниже кратко рассматриваются.

Применение пневматического перемещения муки на мельницах и хлебозаводах может существенно ускорить созревание пшеничной муки.

В последние годы на мельницах и хлебозаводах все шире внедряется бестарное хранение и транспортирование муки, обычно связанное с применением пневматического внутрипроизводственного перемещения муки.

Мука при этом хранится в силосах большой емкости. Возникало опасение, что в этих условиях созревание муки будет происходить медленнее, чем при хранении ее в мешках. Однако опыты, проведенные в производственных условиях товарной мельницы, показали, что если подача муки в силос и перемещение ее из него производится пневматическим транспортом, то созревание муки идет даже несколько быстрее, чем при хранении ее в мешках.

Пневмоперемещение муки нагретым воздухом может в еще большей мере ускорить ее созревание. Это было убедительно показано И. А. Сысоевым, проводившим прогрев муки при перемещении ее соответственно нагретым воздухом по пневможелобу. За 30—40 с перемещения по пневможелобу мука прогревалась примерно до 30°C. Прогрев свежесмолотой слабой муки давал такой же прирост объема хлеба, как примерно 25-суточная ее отлежка после помола.

Для свежесмолотой муки, средней по силе и особенно сильной, эффект прогрева, равно как и эффект естественного созревания,

был меньше и равноценен достигаемому при 12—13-дневной ее отлежке.

Улучшающий эффект прогрева муки до 30°C пестоек во времени, поэтому прогрев должен осуществляться непосредственно перед пуском муки на производство — на пути к расходному складу, вмещающему не более чем 3—4 часовой запас муки.

Ускорение процесса созревания пшеничной муки при ее пневмотранспортировании вызывается в первую очередь тем, что при этом каждая частица муки окружена воздухом, кислород которого необходим для окислительных процессов, лежащих в основе улучшения силы муки.

Прогрев муки инфракрасным облучением, как установлено в МТИППе, также может существенно ускорять ее созревание.

Искусственная отбелка муки газообразными соединениями окислительного действия (оксидами азота, диоксидом хлора, треххлористым азотом и др.), применяемая на мельницах ряда стран, приводит не только к обесцвечиванию пигментов муки. В результате окислительного воздействия на компоненты белково-протеиназного комплекса муки происходит и повышение силы муки, лежащее в основе процесса ее естественного созревания.

Следует отметить, что в ряде стран искусственная отбелка муки запрещена пищевым законодательством или органами здравоохранения.

Применение химических улучшителей — соединений окислительного действия — также вызывает улучшение физических свойств теста и посветление мякиша хлеба и поэтому может в соответствующей степени заменять естественное созревание муки. С этой целью в ряде стран применяются бромат или водат калия, персульфат аммония, диоксид кальция, аскорбиновая кислота и такие добавки, как пероксид ацетона и азодикарбонамид. Вопросы, связанные с применением химических улучшителей окислительного действия, будут рассмотрены в главе XI.

В окислительных процессах, вызывающих созревание пшеничной муки, существенную роль играет образование липоксигеназой пероксидов ненасыщенных жирных кислот. Поэтому для замены медленного естественного созревания муки может быть использован путь, имеющий в основе форсированное образование перекисей ненасыщенных жирных кислот при приготовлении теста.

Очень эффективным в этом отношении является разработанный в МТИППе ферментный (липоксигеназный) способ улучшения пшеничного хлеба путем окислительного воздействия. В основе этого способа, подробно рассматриваемого в главе V, лежит введение в процесс приготовления теста предварительной жидкой окислительной фазы. В этой фазе липоксигеназа соевой муки вызывает образование гидроперекисей ненасыщенных жирных кислот жирового субстрата, окисляюще действующих потом на компонен-

ты белково-протеиназного комплекса и пигменты добавляемой части пшеничной муки. При этом за несколько минут форсированно протекают процессы, требующие при естественном созревании муки не менее 1—2 мес.

В заключение рассмотрения вопросов, связанных с созреванием пшеничной муки, необходимо отметить, что слишком длительное (в течение многих лет) хранение ее после помола, даже в условиях, исключающих ее порчу, может привести не к улучшению, а к ухудшению ее хлебопекарных свойств. Мука делается чрезвычайно сильной, клейковина становится крошащейся и несвязной. Газоудерживающая способность муки и объем хлеба в результате этого снижаются.

Кислотность муки значительно повышается и может достигнуть уровня, при котором из этой муки трудно или даже невозможно получить хлеб со стандартной кислотностью. Специальными опытами было показано, что при хранении в течение 6 лет муки, имеющей даже обычную влажность (14—15%), она утрачивала нормальные хлебопекарные свойства. Мука же, предварительно подсушенная до влажности 8%, устойчиво сохраняла нормальные хлебопекарные свойства в течение этого срока.

СОЗРЕВАНИЕ РЖАНОЙ МУКИ

Процесс созревания ржаной муки изучен значительно меньше, чем процесс созревания пшеничной муки.

Принято было считать, что ржаная мука, так же, как и пшеничная, требует после помола известного периода отлежки для созревания. Полагали при этом, что ржаная мука в отличие от пшеничной требует меньшей длительности отлежки (15—30 дней). Основывались при этом в основном на исследованиях Шулеруда (1939), изучавшего изменение ржаной сортовой муки с выходом не выше 60—70% в процессе ее хранения.

Этими исследованиями было установлено, что при хранении ржаной муки снижается активность ее амилотических ферментов и повышается стойкость крахмала к действию амилаз. Отмечалось также некоторое повышение температуры начала клейстеризации крахмала муки. Было замечено, что накопление свободных ненасыщенных кислот при хранении ржаной муки улучшает физические свойства (консистенцию) теста из нее. Понижалась растворимость белковых веществ ржаной муки и увеличивалась способность к набуханию нерастворенной части белка.

Весьма интересно, что было установлено замедляющее влияние свободных ненасыщенных кислот и на процесс клейстеризации крахмала ржаной муки.

В наблюдениях В. А. Мыськова (1965), изучавшего хлебопекарные свойства ржаной обдирной и сеяной муки, было отмечено, что в результате созревания сеяной муки заметно улучшаются структурно-механические свойства теста из нее. Консистенция теста улучшалась, а расплываемость его снижалась.

В 1944—1946 гг. во ВНИИХПе была проведена работа по комплексному изучению изменений биохимических, коллоидных и технологических показателей качества ржаной обойной муки в процессе ее хранения после помола.

Одновременно изучалось влияние на эти показатели и стадии спелости зерна ржи, при которых была произведена уборка урожая.

Этими исследованиями было установлено, что общие закономерности изменения показателей биохимических и коллоидных свойств в ржаной обойной муке при хранении ее после помола те же, что и в пшеничной муке; так же, как и в пшеничной, нарастает кислотность вследствие расщепления жира муки, кислотное число жира ржаной муки закономерно увеличивается. Происходят и интенсивные окислительные процессы, о чем свидетельствует резкое снижение содержания восстановленной формы глутатиона, происходящее в основном в первые дни хранения после помола.

Показатели коллоидных свойств муки свидетельствуют о снижении гидрофильности и структурном уплотнении коллоидов муки. При длительном (более 30 дней) хранении муки несколько возрастала ее сахарообразующая способность. Однако хлебопекарные свойства муки при этом практически не улучшались.

Следует отметить, что закрытые дегустации всегда устанавливали, что наилучший вкус и аромат был у хлеба из свежемолотой муки. Особенно четко это отмечалось при выпечке хлеба из муки, смолотой из свежесобранного зерна. Влажность муки в этих опытах не превышала 15%.

На основании этих исследований было сделано заключение о практической нецелесообразности отлежки ржаной обойной муки после помола.

Сравнительное исследование процесса созревания ржаной обойной, ржаной обдирной и сеяной муки при отлежке в течение до 6 мес после помола было проведено А. Г. Бесчастновым (1959—1961). Было установлено, что в муке из нормального зерна ржи происходит закономерное нарастание кислотности муки, посветление сеяной муки, существенное снижение атакующести крахмала и активности α -амилазы, а также атакующести белков и активности протеолиза.

Несколько снижались показатели сахаро- и газообразующей способности муки и автолитической ее активности, определяемой по количеству водорастворимых веществ. Несколько уменьшались и значения показателей K_{60} и D_{60} теста.

Заметно улучшалась консистенция теста в конце его брожения.

Улучшались и такие показатели качества хлеба, как упругость мякиша, состояние его по органолептической оценке и расплываемость подового хлеба. Поэтому, хотя объем хлеба и процент пористости его мякиша несколько снижались, можно все же говорить об известном улучшении хлебопекарных свойств ржаной муки в результате длительной ее отлежки.

В то же время было показано, что зерно ржи, подвергавшееся действию дождей в период уборки (на корню или в валках) или на токах, хотя и не имело видимых признаков прорастания, но отличалось резким повышением автолитической активности

зерна и муки из него, что вызывало и соответствующие дефекты в качестве хлеба. Отлежка муки из такого зерна в течение 60 дней после помола лишь несколько улучшила качество хлеба из нее.

Было также показано, что кратковременный прогрев свежемолотой ржаной муки инфракрасным излучением от темных керамических излучателей (в течение 6 мин при толщине слоя муки 7 мм) давал даже больший улучшающий эффект, чем 40-дневное созревание муки при отлежке.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПОРЧИ МУКИ ПРИ ХРАНЕНИИ

При длительном хранении муки в ней при определенных условиях могут происходить процессы, вызывающие ее порчу.

В муке при хранении происходит процесс «дыхания», связанный с поглощением кислорода воздуха и выделением углекислого газа (диоксида углерода), влаги и тепла. Этот процесс является следствием окисления моносахаров муки, и дыхания микроорганизмов муки.

Поглощение кислорода воздуха при хранении муки связано также и с некоторыми химическими окислительными процессами (в частности, с окислением жирных кислот и пигментов муки).

Дыхание муки тем сильнее, чем выше ее влажность, температура хранения и количество микроорганизмов в ней. Общее или местное повышение влажности и температуры муки создает условия, благоприятные для развития в муке плесневой и бактериальной микрофлоры. Развитие же и жизнедеятельность микрофлоры в свою очередь усиливает дыхание муки и накопление в ней влаги и тепла. Интенсивное развитие этих процессов может вызвать так называемое самосогревание муки, обычно сопровождающееся слеживанием муки и появлением неприятного затхлого запаха.

Интенсивная в этих условиях жизнедеятельность микрофлоры муки может быть причиной ее «прокисания». Прокисание муки вызывается накоплением в ней некоторых органических кислот, образуемых определенными бактериями из сахаров муки.

Как уже отмечалось выше, при длительном хранении мука с повышенным содержанием ненасыщенных жирных кислот может прогоркнуть. Прогоркание связано с процессами окисления продуктов гидролитического распада жира и ускоряется при повышенной температуре муки и более свободном доступе воздуха.

Установлено, что мука из дефектного зерна (проросшего, морозобойного, подвергавшегося самосогреванию) менее стойка при хранении.

На складах хлебозаводов мука обычно хранится 10—15 дней. За это время процессы, которые могут привести к ее порче, как правило, не успевают развиться. Но все же особое внимание следует уделять хранению партий муки с повышенной влажностью в жаркое летнее время.

ПРИЕМ, ПЕРЕМЕЩЕНИЕ И ХРАНЕНИЕ МУКИ НА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Раньше мука на хлебозаводы поступала в мешках и в таком виде вручную или с помощью простейших средств механизации (автопогрузчиков, вагонок, транспортеров) подавалась на мукомольный склад.

В последние годы широко внедряется бестарный транспортирование и хранение муки как на мельницах, так и на хлебозаводах.

ХРАНЕНИЕ МУКИ В МЕШКАХ

Мешки с мукой на складе укладываются в штабеля (обычно трюнками) и обязательно на поддонах (стеллажах). Высота штабеля при укладке вручную — 8 рядов мешков, а при укладке автопогрузчиком — 12 рядов.

Учет поступающей муки ведется по количеству мешков и по массе, определяемой на платформенных весах.

Нормы проектирования¹ предусматривают 7-суточный запас муки на хлебозаводе и выделение из общего склада муки отдельного выгороженного (расходного) склада на двухсуточный запас муки.

На ручных операциях по приемке, перемещению и складированию муки в мешках на хлебопекарных предприятиях страны было занято много рабочих. Большие затраты требовались и на мукомольную тару (мешки). При хранении муки в мешках относительно велики и потери муки (на распыл и в виде выбоя из мешков).

БЕСТАРНОЕ ХРАНЕНИЕ МУКИ

Внедрение бестарного транспортирования и хранения муки устраняет тяжелый физический труд грузчиков в рабочих мукомольного склада, резко снижает потери муки, полностью устраняет затраты на мешковую тару.

Советание бестарного хранения муки с пневматическим внутривоздушным ее перемещением и подогревом перед пуском на производство, как уже отмечалось, может быть использовано и для ускорения послепожельного созревания пшеничной муки и улучшения ее хлебопекарных свойств.

К концу 1980 г. в системе хлебопекарной промышленности Минпищепрома СССР уже эксплуатировалось 1150 установок бестарного хранения муки, в том числе 290 установок открытого типа.

Установки и оборудование для бестарной приемки, транспортирования, последующего хранения и подготовки к пуску на производство муки и других видов хлебопекарного сырья рассматри-

ваются в курсе оборудования и соответствующих руководствах [3, 4, 5, 20]. Здесь отметим лишь, что при проектировании и эксплуатации установок для бестарной приемки, хранения и внутривоздушного перемещения муки на хлебопекарных предприятиях должны быть предусмотрены и специальные мероприятия по технике безопасности. Это связано с тем, что трение частиц муки о стенки мукопроводов и поверхности других конструктивных элементов установок приводит к образованию и накоплению зарядов статического электричества достаточно высокого потенциала. Поэтому заземлению элементов установки и другим мероприятиям взрывобезопасности должно уделяться большое внимание.

Для хлебопекарных предприятий малой и средней мощности, находящихся далеко от мелькомбинатов, может быть применена и перевозка муки в ковшевых вагонах.

ПОДГОТОВКА МУКИ

Подготовка муки заключается в составлении смеси (валки), проведении смешивания, просеивания и магнитной очистке муки.

СМЕШИВАНИЕ МУКИ

Отдельные партии муки одного и того же сорта, имеющиеся на складе хлебозавода, могут значительно различаться по своему хлебопекарному достоинству. Если бы на хлебозаводе муку пускали в производство отдельными партиями, то хлеб получался бы (в зависимости от качества данной партии муки) то хороший, то плохой. Чтобы избежать этого, принято до пуска муки в производство составлять смесь различных партий муки, в которой недостатки одной партии муки компенсировались бы хорошими качествами другой.

Так, например, муку темную или сильно темнеющую в процессе выпечки из нее хлеба следует смешивать с мукой светлой и нетемнеющей, муку слабую — с мукой сильной, муку с малой газообразующей способностью («крепкую на жар») — с мукой, имеющей большую газообразующую способность («слабой на жар») и т. д.

При составлении смеси муки лаборатория хлебозавода должна определить показатели ее основных хлебопекарных свойств, в первую очередь показатели силы и газообразующей способности.

Составление смеси по этим показателям облегчается тем, что, пользуясь правилом пропорции, можно заранее подсчитать, в каком соотношении следует смешивать партии муки, чтобы смесь их отвечала заданным значениям этих показателей.

Опыты, проведенные как в лабораториях, так и в производственных условиях, показали, что отклонения фактических значений газообразующей способности и силы муки в смеси от расчетных,

¹ Нормы технологического проектирования хлебопекарных предприятий. — М.: Минпищепром СССР, 1977. — 266 с.

подсчитанных на основании показателей смешиваемых партий муки, сравнительно невелики и не имеют практического значения. Исключением могут быть случаи, когда одна из смешиваемых партий муки получена из очень сильно проросшего зерна или из зерна, очень сильно поврежденного клопом-черепашкой. В этих случаях расчетное соотношение смешиваемых партий муки должно предварительно проверяться методом пробной выпечки хлеба из данной смеси и в случае необходимости соответственно корректироваться.

Чтобы заданное лабораторией соотношение в смеси муки разных партий можно было легко соблюдать на производстве, эти соотношения должны быть простыми, кратными.

Для получения хорошего и равномерного по качеству хлеба муки различных сортов или партий, идущих в смесь, необходимо тщательно смешивать. На современных хлебопекарных предприятиях для этой цели обычно применяют специальные машины — мукосмесители.

В складах безарного хранения муки для ее дозирования и смешивания применяются специальные устройства, обеспечивающие механизированное проведение этих операций. Описание этих устройств приведено в литературе по оборудованию хлебозаводов [5, с. 43; 3, с. 83—85 и др.].

ПРОСЕИВАНИЕ И МАГНИТНАЯ ОЧИСТКА МУКИ

Чтобы отделить случайные посторонние частицы, отличающиеся по размеру от частиц муки, муку просеивают. Для этой цели на хлебозаводах могут применяться просеивающие машины различных типов.

Для удаления из муки металлических частиц, проходящих через отверстия сита просеивателя, на мучных линиях предусматриваются магнитные уловители.

Просеивая и очищая от металлических частиц муку с помощью соответствующих транспортирующих устройств (норий, шнеков, цепных транспортеров или мукопроводов системы пневматического транспорта) направляется в расходные производственные мучные silos.

ХРАНЕНИЕ И ПОДГОТОВКА СОЛИ, ПРЕССОВАННЫХ ДРОЖЖЕЙ И ДРУГИХ ВИДОВ СЫРЬЯ

Соль. Помещение для хранения соли должно вмещать ее запас на 15 сут. Соль ранее хранилась в ларях, обычно деревянных, с крышками, устанавливаемых на подставках высотой 15—20 см от пола.

В настоящее время все шире применяются способы хранения соли, растворенной в воде сразу же после ее поступления на хлебозавод.

Должно быть предусмотрено оборудование для растворения соли¹ и фильтрация ее раствора, а также насос и трубопроводы для его подачи в расходные бачки [3, 4, 5, 20].

Прессованные дрожжи. В соответствии с нормами проектирования дрожжи должны храниться в ящиках в холодильной камере при 4—8°C и относительной влажности воздуха не более 70% до 3 сут.

Если зимой на хлебозавод поступают замороженные дрожжи, их следует оттаивать в прохладном помещении. Чем медленнее будут оттаивать дрожжи, тем лучше сохранится их подъемная сила.

Подготовка прессованных дрожжей к замесу теста заключается в освобождении их от упаковки, предварительном грубом измельчении и приготовлении хорошо размешанной однородной взвеси их (суспензии) в теплой (30—35°C) воде.

Для этой цели используют прощеллерные мешалки X-14 [3, с. 101—102].

Дрожжевое молоко. Дрожжевое молоко доставляется на хлебозаводы в термозолированных цистернах — молоковозах, из которых поступает в приемные охлаждаемые емкости вместимостью не менее автоцистерны, где при температуре 6—10°C может храниться в течение 1,5—2 сут. Оборудование по приему, хранению и внутрипроизводственному перемещению дрожжевого молока описано в соответствующих руководствах (например [5, с. 63—64]).

Сахар. На хлебопекарном предприятии предусматривается возможность хранения 15-суточного запаса сахара. Должно быть предусмотрено оборудование для растворения сахара, насос и трубопроводы для подачи раствора сахара в расходные бачки.

Сахарный раствор (сироп). Сахарный раствор поступает на хлебозавод в автоцистернах и хранится в соответствующих емкостях (вместимостью не менее автоцистерны) при температуре 30°C. При расчетах принимают, что сахарный раствор имеет концентрацию 63%.

Растительное масло. На хлебопекарных предприятиях с суточной производственной мощностью от 45 т и выше для приемки и хранения растительного масла устанавливаются металлические емкости вместимостью не менее железнодорожной цистерны и предусматривается оборудование для перекачки растительного масла в расходные бачки.

Маргарин, животное масло и другие твердые жиры. Перед внесением в тесто должны быть растоплены (расплавлены).

Улучшающее действие жира, вносимого в тесто, на качество хлеба может быть усилено, если вносить жир в тесто в виде предварительно приготовленной эмульсии в воде. Это относится как к растительному маслу, так и к маргарину. Поэтому в подготовку

¹ Таблицы с данными о растворимости соли в воде при разной температуре и по содержанию соли в растворе разной плотности и температуры приведены в справочнике [30].

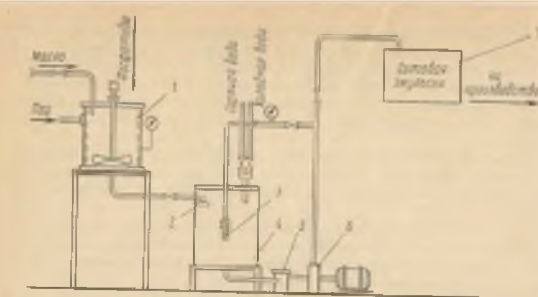


Рис. 17. Схема установки для приготовления эмульсии: 1 — бачок-смеситель; 2 — сито-фильтр; 3 — гидродинамический вибратор; 4 — бак для эмульгирования; 5 — фильтр; 6 — насос; 7 — емкость для готовой эмульсии

жира включается и приготовление его эмульсии в воде с применением соответствующего пищевого эмульгатора (фосфатидного концентрата — ФК, жирсахаров и т. п.).

Получаемая эмульсия должна быть тонкодисперсной, устойчивой во времени и приспособленной для транспортирования по трубопроводам. Работами, проведенными в МТИИП¹, установлено, что для этого целесообразно применить установку с гидродинамическими вибраторами, создающими в эмульгируемой смеси колебания звуковой и частично ультразвуковой частоты.

Схема установки для приготовления на хлебопечном жировом масле эмульсий приведена на рис. 17. Установка состоит из бачка-смесителя с мешалкой и паровой рубашкой, бака для эмульгирования, насоса с электродвигателем, гидродинамического вибратора, являющегося основной частью установки, фильтра, трубопроводов, вентилей.

В бачок-смеситель по трубопроводу поступает предварительно взвешенная порция масла. В паровую рубашку бачка подается пар, масло подогревается до температур 50—60°C, после чего включается мешалка и в бачок загружается фосфатидный концентрат (ФК). Перемешивание ведется до полного растворения концентрата в масле. В бак для эмульгирования подается вода нужной температуры и количества, необходимой из рецептуры. Одновременно через сито-фильтр из бачка-смесителя сливается смесь ФК с маслом. Смесь масла, ФК и воды при помощи насоса, снабженного манометром, под давлением перекачивается в бак с гидродинамическим вибратором.

В период эмульгирования установка работает по замкнутому циклу: смесь из бака эмульгирования поступает через фильтр в бак и затем под давлением 0,3—0,5 МПа через вибратор в тот же бак. Эмульгирование ведется в течение 30 мин (для получения тонкодисперсной эмульсии) при объеме эмульгируемой массы 200—300 л. Приготовленная горячая эмульсия насосом перекачивается в одну из отдаленной емкости для хранения готового продукта, откуда самотеком поступает в места раскладки.

¹ А. с. 143745 (СССР). — Б. И., 1962, № 1.

На установках такого типа, выпускаемых заводами пищевого машиностроения или изготавливаемыми ремонтно-монтажными комбинатами или механическими мастерскими для хлебопекарной промышленности, можно готовить жировые эмульсии жира, вносимого в тесто, и эмульсии из растительного масла для смазки хлебных форм и листов.

Эмульсия для внесения в тесто. Эмульсию готовят из воды, жира, вносимого по рецептуре, и ФК.

Проведенными работами установлено, что добавление 0,15—1% ФК (к массе муки) улучшает свойства теста и качество хлеба из пшеничной муки высшего I и II сортов.

Ниже приведен состав добавляемых в тесто эмульсий, содержащих до 5 и свыше 5% жира (% к массе муки).

	До 5% жира	Свыше 5% жира
Жир	12,5—45	60,5—65
Фосфатидный концентрат	7,5—5	7,5—5
Вода	50	30

В подогретый до 50°C жир (твердый жир предварительно расплавляют) вносят все количество ФК и размешивается мешалкой до образования однородной массы. Затем смесь ФК и жира помещают в бак для эмульгирования, куда подается вода температурой 40—50°C, после чего включается насос. Эмульгирование ведется 30—60 мин до получения однородной эмульсии молочного цвета. Длительность эмульгирования зависит от количества эмульгируемой массы и давления. Чем меньше масса компонентов эмульсии и больше давление, тем быстрее происходит эмульгирование.

Эмульсию добавляют из расчета выходя на тесто необходимого количества жира и ФК. Последний вносят 0,15—0,75% жира. Расход ФК, вносимого в тесто, зависит от его качества и количества. При использовании ФК темного цвета добавлять его в тесто из пшеничной муки I сорта более 0,5%, а из муки высшего сорта более 0,25% к массе муки не рекомендуется.

Хороший эффект достигается при совместном внесении эмульсии с ФК в количестве окислительного действия, например бромата калия, в количестве 0,001—0,003% к массе муки. Улучшения окислительного действия можно вводить в эмульсию.

Эмульсия для смазки хлебных форм, листов и дежей. Эмульсию готовят из воды, растительного масла и ФК (% к %):

Растительное масло	5—15
Фосфатидный концентрат	5—7,5
Вода	80—90

В подогретое до 50°C растительное масло вносят все количество по рецептуре количества ФК и размешивается мешалкой до образования однородной массы. В бак для эмульгирования подается вода температурой 40—50°C, а при включении насоса постепенно вносится эмульсионная смесь (или смесь масла и ФК). Эмульгирование ведется в течение 30—60 мин до получения однородной эмульсии молочного цвета. Длительность эмульгирования зависит от количества эмульгируемой массы и давления.

Эмульсию можно применять как при автоматической, так и при ручной смазке форм.

Во ВНИИХП² разработаны способы приготовления жировых эмульсий и с применением эмульсаторов чисто окислительного действия.

Безводный жир для хлебопекарной промышленности. Этот вид сырья был создан на основе работ, которые совместно проводили

ВНИИХП, Московский филиал ВНИИЖа и МТИП. Этот жир представляет собой композицию из растительного масла (85%), хлопкового саломаса высокой твердости (12%) и пищевых поверхностно-активных веществ (3%).

При 15—25% жидкий жир имеет однородную микроструктуру, подвижность и транспортабельность. В соответствии с ОСТ 18-197—74 жидкий жир для хлебопекарной промышленности может содержать влаги и летучих веществ не более 0,3% и должен иметь консистенцию однородную и подвижную при 18°C. Допустимый срок его хранения при 15—20°C — 10 дней. Этот жир транспортируется в автоцистернах, специальных контейнерах и флягах.

На хлебозаводе жидкий жир из автоцистерн по гибкому шлангу подается насосом в емкости для хранения (баки с мешалками и водяными рубашками). Из этих емкостей жир по мере надобности насосом перемещается в производственные расходные емкости (также с мешалками), из которых по трубопроводу самотеком поступает в соответствующий дозатор.

Технологические рекомендации по применению жидкого жира в хлебопекарной промышленности утверждены Упрхлебом Минпищепрома СССР 23 августа 1976 г.

Глава V

Приготовление пшеничного теста

Приготовление теста является одним из решающих звеньев в технологическом процессе производства хлеба. Состояние и свойства готового к разделке теста в значительной мере предопределяют дальнейшее его состояние при формировании, расстойке и выпечке, а в связи с этим и качество хлеба.

Приготовление теста из ржаной муки в ряде моментов существенно отличается от приготовления теста из пшеничной муки, поэтому приготовление ржаного теста рассматривается отдельно в главе VI.

РЕЦЕПТУРА И ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА

Пшеничное тесто готовится из муки, воды, соли, дрожжей, сахара, жиров и других видов сырья.

Перечень и соотношение отдельных видов сырья, употребляемого для производства определенного сорта хлеба, называют рецептурой.

Рецептуры и рекомендуемые способы и режимы технологического процесса производства отдельных сортов хлеба и хлебобулочных изделий приводятся в сборниках технологических инструкций [35] и в справочнике [30].

В рецептурах хлеба и хлебобулочных изделий количество воды, соли, дрожжей и дополнительного сырья принято выражать в кг на 100 кг муки.

Рецептуры основных сортов пшеничного хлеба и хлебобулочных изделий предусматривают следующее примерное соотношение отдельных видов сырья (в кг):

Мука	100
Вода	50—70
Прессованные дрожжи	0,5—2,5
Соль	1,3—2,5
Сахар	0—20
Жиры	0—13

Рецептуры ряда сортов хлеба и хлебопекарных изделий предусматривают и другие виды дополнительного сырья (яйца, изюм, молоко, молочная сыворотка, сухое обезжиренное молоко, мак, тмин, ванилин и т. п.). Из этого следует, что перечень и соотношение сырья в тесте для разных видов и сортов хлебных изделий могут быть весьма различными. Мука, вода, соль и дрожжи входят в состав теста для всех видов и сортов пшеничных хлебных изделий, поэтому относятся к категории основного хлебопекарного сырья.

Еще не так давно процесс приготовления теста на хлебопекарных предприятиях осуществлялся только порционно с применением дозирующих сырье устройств и тестомесильных машин периодического действия и с обязательным брожением теста в дежах после его замеса. Только после определенного времени брожения в деже тесто шло на разделку (деление на куски, предварительное и окончательное формирование и расстойку).

В СССР и ряде других стран все шире внедряются тестопрigотовительные агрегаты непрерывного действия и ряд способов приготовления теста, при которых период брожения теста между его замесом и разделкой или резко сокращается, или даже полностью устраняется.

Однако значительная часть хлеба и хлебобулочных изделий и сейчас производится из теста, приготовленного порционно с применением оборудования периодического действия и с определенным периодом брожения теста до его разделки.

Поэтому мы сначала рассмотрим порционное приготовление пшеничного теста и процессы, при этом происходящие, затрагивая попутно лишь отдельные вопросы, связанные со спецификой непрерывно-поточного приготовления теста.

Известны два основных способа приготовления пшеничного теста — опарный и безопарный.

Опарный способ предусматривает приготовление теста в две фазы: первая — приготовление опары и вторая — приготовление теста.

Для приготовления опары обычно используют около половины общего количества муки, до двух третей воды и все количество дрожжей, предназначенное для приготовления теста. По консистенции опара жидче теста. Опара обычно имеет начальную темпе-

ратуру от 28 до 32°C. Длительность брожения опары колеблется обычно от 3 до 4,5 ч.

На готовой опаре замешивают тесто. При замесе теста в опару вносят остальную часть муки и воды и соль. Если рецептурой предусмотрены сахар и жиры, их также вносят в тесто¹. Тесто имеет начальную температуру 28—30°C. Брожение теста обычно длится от 1 ч до 1ч 45 мин. В процессе брожения тесто из сортовой муки подвергается одной или двум обминкам.

В нашей стране пшеничное тесто готовят не только на описанной выше обычной опаре, но и на опарах жидкой, густой и большой густой. Эти варианты опарного приготовления теста будут рассмотрены позднее.

Безопарный способ — однофазный, он предусматривает внесение при замесе теста всего количества муки, воды, соли и дрожжей, предназначенного для приготовления данной порции теста.

Сахар, жиры и другое дополнительное сырье также вносятся в тесто. Начальная температура безопарного теста может быть в пределах 28—30°C. Длительность брожения в зависимости от количества дрожжей может колебаться от 2 до 4 ч. Во время брожения тесто из сортовой муки подвергается одной или нескольким обминкам.

Здесь мы ограничиваемся только кратким описанием опарного и безопарного способов приготовления пшеничного теста, необходимым для дальнейшего рассмотрения процессов, происходящих при приготовлении теста.

Приготовление теста и опарным и безопарным способами включает в себя следующие операции и процессы: дозирование подготовленного сырья, замес опары или теста, брожение опары и теста, обминка теста.

Переходим к рассмотрению этих операций и процессов.

ДОЗИРОВАНИЕ СЫРЬЯ

При порционном приготовлении теста в отдельных дежах дозирование сырья сводится к отвешиванию или отмериванию по объему порций сырья, необходимых для приготовления одной дежи теста.

Мука обычно дозируется с помощью автоматических мучных весов — автомучомеров.

Жидкие компоненты для порционного приготовления опары или теста (вода, растворы сахара и соли, жидкие дрожжи, водная суспензия прессованных дрожжей, жидкие или растопленные твердые жиры и их эмульсии) отмериваются с помощью соответствующих дозирующих устройств, в том числе и автоматизиро-

¹ Если рецептура теста предусматривает добавление жира и сахара в больших количествах, тормозящих процесс брожения, то эти виды сырья вносятся не при замесе теста на опаре и безопарного, а после определенного времени его брожения.

ванных. Эти устройства описаны в соответствующих руководствах [3, 5, 7, 20 и 30].

Следует учитывать, что суспензия прессованных дрожжей в воде перед дозировкой должна быть хорошо промешана. Это необходимо для равномерного распределения в ней дрожжей.

Точность дозирования всех видов сырья, так же как и точное соблюдение заданной температуры воды и других жидких компонентов, имеет большое значение в процессе приготовления теста. Поэтому точность работы дозирующих устройств должна систематически контролироваться технологическим персоналом предприятия.

ЗАМЕС ОПАРЫ И ТЕСТА

Процесс замешивания опары осуществляется на тестомесильных машинах или на месилках сравнительно облегченной конструкции.

Основной целью замешивания опары является получение однородной во всей массе смеси соответствующих количеств муки, воды и дрожжей. Отсутствие в этой смеси комочков муки обычно принимается за показатель завершенности процесса замешивания опары.

Длительность и интенсивность процесса замешивания опары, как и ее повторного промешивания могут оказывать известное влияние на качество хлеба.

Однако значительно больше влияют на ход технологического процесса приготовления хлеба и на его качество проведение замеса теста и изменения, происходящие в нем при этом. Поэтому мы в настоящем разделе рассматриваем замес теста. Будет рассмотрен процесс замеса теста, приготовляемого безопарным способом, при котором в тесто при его замесе вносятся все основные виды сырья.

В процессе замеса из муки, воды, соли и дрожжей (а для ряда сортов хлеба сахара и жира) образуется тесто, однородное во всей массе.

Замес теста должен, однако, обеспечить и придание ему таких свойств, при которых оно перед направлением на разделку было бы в состоянии, оптимальном для протекания операций деления, формования, расстойки и выпечки и получения хлеба возможно лучшего качества.

С самого начала замеса мука приходит в соприкосновение с водой, дрожжами и солью и в массе образующегося при этом теста начинает протекать ряд процессов. Во время замеса теста наибольшее значение имеют процессы: физико-механические, коллоидные и биохимические.

Микробиологические процессы, связанные с жизнедеятельностью дрожжей и кислотообразующих бактерий муки, в процессе замеса теста еще не успевают достичь интенсивности, при которой они могли бы играть практически ощутимую роль.

Частицы муки при замесе теста начинают быстро впитывать воду, набухая при этом. Слипание набухающих частиц муки в сплошную массу, происходящее в результате механического воздействия на замешенную массу, приводит к образованию теста из муки, воды и другого сырья.

Ведущая роль в образовании пшеничного теста с присущими ему свойствами упругости, пластичности и вязкости принадлежит белковым веществам муки. Нерастворимые в воде белковые вещества муки, образующие клейковину, в тесте связывают воду не только адсорбционно, но и осмотически. Осмотическое связывание воды в основном и вызывает набухание этих белков, приводящее их в состояние, в известной степени подобное тому, в котором они находятся в отмытой из теста клейковине.

Набухшие белковые вещества при замесе теста в результате механических воздействий как бы «вытягиваются» из содержащих их частиц муки в виде пленок или жгутиков, которые в свою очередь соединяются (вследствие слипания, а частично и образования «сшивающих» их химических ковалентных и других связей-мостиков) с пленками и жгутами набухшего белка смежных частиц муки. В результате этого набухшие водонерастворимые белки образуют в тесте трехмерную губчато-сетчатую непрерывную структурную основу — как бы губчатый каркас («скелет»), который в основном обуславливает специфические структурно-механические свойства пшеничного теста — его растяжимость и упругость.

Этот белковый структурный каркас часто называют клейковиной. Это может создать представление о том, что он построен только из клейковины в том ее составе и состоянии, в каком мы ее получаем после отмыкания из теста.

Следует отметить, что клейковина в этом виде в состоянии является искусственным продуктом, образующимся в результате и при условии ее отмыкания из теста. В тесте, в том числе и в его структурном белковом каркасе, клейковины в этом привычном для нас составе и состоянии нет.

Обшир у белкового каркаса теста и комочка отмытой клейковины является лишь то, что они в основе имеют набухший водонерастворимый белок муки.

В тесте в белковый каркас вкраплены зерна крахмала и частицы оболочек зерна. Белковые вещества, составляющие основу этого каркаса, при набухании могут осмотически поглощать не только воду, но и растворенные и даже пептизированные в жидкой фазе составные части муки в тесте. В тесте на состояние белковых веществ его каркаса действуют сахара, соли, в том числе поваренная соль, внесенная в него, и кислоты.

На структуру белка в этом каркасе оказывает окислительное воздействие кислород пузырьков воздуха, механически захваченного при замесе теста.

В тесте на белок его каркаса действует и протеиназа муки, находящаяся во фракции водорастворимых белков в его жидкой фазе.

Количество свободной воды в жидкой фазе теста, могущее принимать участие в набухании белка, во много раз меньше тех количеств воды, с которыми белок муки соприкасается при отмыкании из теста клейковины. При отмыкании из теста клейковины образующие ее водорастворимые белки муки подвергаются длительному воздействию избыточного количества воды при одновременных интенсивных механических манипуляциях с тестом и постепенно отмывающейся из него клейковиной. При этом происходит выделение и удаление с отмывной водой всего, что способно отделиться от набухшего белка механически (крахмал, частицы оболочек). Одновременно могут быть этой водой растворены или «вымыты» соли, сахара, кислоты, ферменты и перешедшие в жидкую фазу теста пептизированные белки и сильно набухшие слизи.

Все это вносит существенные различия в состав, состояние, структуру и свойства белкового каркаса в тесте и клейковины, отмытой из этого теста.

Между структурно-механическими свойствами теста и количеством и свойствами отмытой из него клейковины существует, однако, определенная зависимость. По мере брожения теста его структурно-механические свойства, состояние его белкового каркаса существенно изменяются. Значительно изменяются, как будет показано далее, и свойства отмываемой из теста клейковины.

Белковые вещества теста способны поглотить и связать воды в два — два с лишним раза больше своей массы. Из этого количества воды менее четвертой части связывается адсорбционно. Остальная часть воды впитывается осмотически, что приводит к набуханию и резкому увеличению объема белков в тесте.

Крахмал муки составляет количественно основную часть теста. С точки зрения связывания в тесте воды большое значение имеет то, что часть зерен крахмала муки (обычно около 15%) при размоле повреждена. Установлено, что если целые зерна крахмала муки могут связать влаги максимум 44% на сухое вещество, то поврежденные зерна крахмала могут поглотить воды до 200%.

Целые зерна крахмала в отличие от белков связывают воду в основном адсорбционно, поэтому объем их в тесте увеличивается весьма незначительно.

В тесте из муки большого выхода, например обойной, существенную роль в связывании воды играют и частицы оболочек зерна (отрубистые частицы), которые связывают влагу адсорбционно вследствие наличия в них большого числа капилляров. Именно поэтому влагоемкость муки большого выхода более высока.

Зерна крахмала, частицы оболочек и набухшие нерастворимые в воде белки составляют «твердую» фазу теста.

Зерна крахмала и частицы оболочек в отличие от белков придают тесту свойства только пластичности.

Говоря о распределении воды в пшеничном тесте, нельзя не отметить и роль так называемых слизей (водорастворимых пептизанов), которые могут в определенных условиях поглощать воду при набухании в количестве до 1500% на сухое вещество.

Наряду с твердой фазой в тесте имеется и жидкая фаза. В части воды, не связанной адсорбционно крахмалом, белками и частицами оболочек зерна, находятся в растворе водорастворимые вещества теста — минеральные и органические (водорастворимые белки, декстрины, сахара, соли и др.). В этой фазе, очевидно, находятся и очень сильно набухающие пентозаны (слизи) муки.

Часть водонерастворимых белков, обычно набухающих в воде ограниченно, в известных условиях может начать набухать неограниченно и в результате этого пептизироваться и переходить в состояние вязкого коллоидного раствора.

Это явление может происходить при структурной дезагрегации набухших белков теста вследствие интенсивного протеолиза, чрезмерных механических воздействий или действия иных факторов, разрывающих поперечные дополнительные связи между структурными элементами белка. Чаще всего это может происходить при замесе теста из очень слабой муки, структурная прочность белка которой понижена.

Жидкая фаза пшеничного теста, включающая перечисленные выше составные части его, может частично находиться в виде свободной вязкой жидкости, окружающей элементы твердой фазы (набухшие белки, зерна крахмала и частицы оболочек зерна). Однако в пшеничном тесте значительная часть жидкой фазы, содержащей в основном относительно низкомолекулярные вещества, может быть осмотически поглощена набухшими белками теста.

Вероятно, основная часть жидкой фазы теста осмотически связана его белками в процессе набухания.

Наряду с твердой и жидкой фазами в тесте имеется газообразная фаза. Обычно считают, что газообразная фаза в тесте появляется только в результате процесса брожения в виде пузырьков углекислого газа (диоксида углерода), выделяемых дрожжами. Однако установлено, что и во время замеса, когда еще не происходит выделения газа бродильной микрофлорой теста, в нем образуется газообразная фаза. Это происходит благодаря захвату и удержанию тестом (окклюзии) пузырьков воздуха. Было показано, что количество газа в тесте в процессе замеса нарастает. При умышленно увеличенной длительности замеса содержание газовой фазы может достигать 20% от общего объема теста. Даже при нормальной длительности замеса теста в его объеме может содержаться до 10% газообразной фазы. Часть воздуха вносится в массу муки и в очень небольших количествах — с водой до замеса теста.

Попутно отметим, что этой газообразной фазе, образованной в тесте во время замеса, исследователи этого вопроса отводят существенную роль в образовании пористости мякиша хлеба.

Очевидно, что часть пузырьков захваченного при замесе воздуха может находиться в виде эмульсии газа в жидкой фазе теста, а часть — в виде газовых пузырьков, включенных в набухшие белки теста.

Жир при внесении в тесто может находиться как в виде эмульсии в жидкой фазе, так и в виде адсорбционных пленок на поверхности частиц твердой фазы теста.

Таким образом, тесто непосредственно после замеса можно рассматривать как дисперсную систему, состоящую из твердой, жидкой и газообразной фаз.

Очевидно, что соотношение массы отдельных фаз должно в значительной мере обуславливать структурно-механические свойства теста. Повышение доли свободной жидкой и газообразной фазы, несомненно, «ослабляет» тесто, делая его более жидким и более текучим. Увеличение доли свободной жидкой фазы является и одной из причин повышенной липкости теста.

Наряду с описанными выше физико-механическими и коллоидными процессами при замесе теста одновременно начинают происходить и биохимические процессы, вызываемые действием ферментов муки и дрожжей.

Основное влияние на свойства теста при весьма непродолжительном замесе могут оказывать процессы протеолиза и в меньшей мере — амилολиза. Известную роль может играть и ферментативное расщепление слезей (пентозанов) муки.

В результате гидролитического действия ферментов в тесте происходит дезагрегация и расщепление веществ, на которые они действуют (белок, крахмал и др.). Вследствие этого увеличивается количество веществ, способных переходить в жидкую фазу теста, что должно приводить к соответствующему изменению его структурно-механических свойств.

Следует отметить, что соотношение во время замеса массы теста с кислородом воздуха существенно влияет на процесс протеолиза в нем.

Опытами было показано, что при замесе в атмосфере азота, воздуха или кислорода структурно-механические свойства теста были неодинаковыми. Наилучшими структурно-механическими свойствами обладало тесто, замешенное в атмосфере кислорода, несколько худшими — замешенное в атмосфере воздуха и значительно худшими — замешенное в атмосфере азота. Объясняется это влиянием окислительных процессов на состояние белково-протеиназного комплекса муки.

Механическое воздействие на тесто на разных стадиях замеса может по-разному влиять на его структурно-механические свойства.

В самой начальной стадии замеса механическая обработка вызывает смешение муки, воды и других видов сырья и слипание набухающих частиц муки в плотную массу теста. На этой стадии замеса механическое воздействие на тесто обуславливает и ускоряет его образование.

Еще некоторое время после этого механическое воздействие на тесто может улучшать его свойства, способствуя ускорению набухания белков и образованию в тесте губчатого клейковинного структурного остова.

Дальнейший замес теста может приводить уже не к улучшению, а к ухудшению его структурно-механических свойств, что может быть вызвано механическим разрушением как клейковинного остова, так и структурных элементов набухших белков теста. Особенно резко это проявляется при замесе теста из слабой муки, в котором структурный остоа наименее прочен.

Температура теста в процессе замеса несколько повышается. Причинами этого являются выделение теплоты гидратации частиц муки и переход части механической энергии замеса в тепловую, воспринимаемую тестом. На первых стадиях замеса повышение температуры ускоряет образование теста и достижение им оптимальных структурно-механических свойств. Дальнейшее повышение температуры, увеличивая интенсивность гидролитического действия ферментов и снижая вязкость теста, может привести к ухудшению его структурно-механических свойств.

Кратко описанные выше физико-механические, коллоидные и биохимические процессы происходят при замесе теста одновременно и взаимно влияют друг на друга. Влияние отдельных процессов на структурно-механические свойства теста при замесе различно.

Те процессы, которые способствуют адсорбционному и особенно осмотическому связыванию влаги и набуханию коллоидов теста и в связи с этим увеличению количества и объема твердой фазы, улучшают структурно-механические свойства теста, делают его более густым по консистенции, эластичным и сухим на ощупь.

Те же процессы, которые способствуют дезагрегации, неограниченному набуханию, пептизации и растворению составных частей теста и в связи с этим увеличению количества жидкой фазы в нем, ухудшают структурно-механические свойства теста, делают его более жидким по консистенции, более тягучим, липким и мажущимся.

Противоположное во направленности влияние этих двух групп процессов на структурно-механические свойства теста может быть иллюстративно показано на кривых фаринограмм (рис. 18).

Эти фаринограммы условительно разделены на 60 сек замеса: полученная для теста из очень сильной пшеничной муки. Фаринограмма а относится к тесту из муки и воды; фаринограмма б — к тесту из того же количества муки и воды и 0,025% кислоты.

На фаринограмме замеса теста из муки и воды можно видеть, что через 1—2 мин после замеса кривая достигает первого максимума. Затем наблюдается некоторый спад кривой и последующий ее подъем. Второй максимум подъема кривой был достигнут примерно на 24-й минуте замеса, после чего происходит постепенный спад кривой, поскольку завершается действие третьего максимума, происходящего на 22—28-й минуте замеса.

Значительно более четки эти три максимума видны на кривой фаринограммы замеса теста из муки, воды и 0,025% кислоты.

Первый максимум был достигнут после 2 мин замеса, после чего наблюдался резкое падение кривой, быстро перепадающее в ноль. Завершился второй максимум на 11-й минуте замеса. Затем наблюдался постепенный подъем кривой с четким максимумом, но значительно менее резко выраженный третий максимум, происходящий на 22—28-й минуте замеса.

Можно объяснить наличие на кривых этих фаринограмм замеса отмеченных трех максимумов?

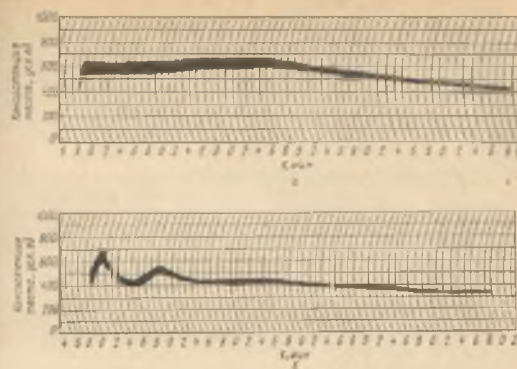


Рис. 18. Фаринограммы замеса теста:
а — из муки и воды; б — из муки, воды и 0,025% кислоты

Первый максимум характеризует момент перехода смешанного сырья в состав теста.

Второй максимум может быть объяснен процессом адсорбционного и особенно осмотического связывания воды набухшими белками и другими коллоидами теста.

Известное снижение уровня консистенции теста, наблюдавшееся после достижения первого максимума, связано с тем, что за этот интервал времени замеса действие гидролитических ферментов, размягчающих тесто, превосходит по интенсивности процесс набухания частиц муки, пока еще немедленно. Через некоторое время процесс набухания начинает идти с интенсивностью, достаточной для того, чтобы преодолеть размягчающее действие ферментов теста.

Падение кривой после второго максимума свидетельствует о том, что гидролитические ферментативные процессы, а также процессы пептизации и механической дезагрегации белков теста начинают вновь преобладать над уже замедлившимся процессом набухания, что и приводит к дальнейшему постепенному разложению теста.

Большим четким выражением третий максимум на кривой фаринограммы совпадает с увеличением липкости теста к этому времени замеса.

Добавление к тесту 0,025% кислоты резко увеличило интенсивность протеолиза и дезагрегацию набухших белков теста. Поэтому на фаринограмме замеса теста падение кривой после достижения первого максимума выражено особенно четко. Поэтому же и второй максимум, вызванный дальнейшим набуханием теста, на этой фаринограмме был достигнут в два с лишним раза скорее, чем в тесте из муки и воды.

Следует отметить, что в тесте из слабой муки процесс набухания происходит slower и быстрее прекращается очень интенсивно идущими процессами гидролитического распада, дезагрегации и пептизации. Поэтому на фаринограмме замеса теста из слабой муки первый и второй максимумы совпадают в кривой почти только один максимум.

Ухудшающее влияние чрезмерной длительности и интенсивности замеса теста на его структурно-механические свойства сказывается тем сильнее, чем слабее мука и чем выше температура теста. Поэтому тесто на сильной муке следует месить дольше, чем тесто из слабой муки. Для достижения оптимальных структурно-механических свойств тесто из сильной муки необходимо месить некоторое время и после того, как оно превратится в однородную массу без остатков непромешанной муки.

БРОЖЕНИЕ (СОЗРЕВАНИЕ) ТЕСТА

Брожение теста, начинаясь с момента замеса теста, продолжается во время его нахождения в емкостях для брожения теста до разделки. Брожение происходит в тесте и при делении его на куски, формовании, расстойке сформованных кусков и даже в первый период процесса выпечки.

В производственной практике, однако, термин брожение теста охватывает период брожения с момента замеса теста до деления его на куски. В таком понимании в данном разделе и будет применяться этот термин.

Цель брожения опары и теста — приведение теста в состояние, при котором оно по газообразующей способности и структурно-механическим свойствам будет наилучшим для разделки и выпечки. Не менее важно накопление при этом в тесте вещества, обуславливающих вкус и аромат, свойственные хлебу из хорошо выброженного теста.

Разрыхление теста углекислым газом (диоксидом углерода), позволяющее получить хлеб с хорошо разрыхленным пористым мякишем, становится основной задачей процесса брожения на стадиях расстойки и выпечки хлеба.

Сумму процессов, приводящих тесто в результате брожения и обминки в состояние, оптимальное для разделки и выпечки, объединяют общим понятием **созревание теста**.

Готовое к разделке, хорошо созревшее тесто должно удовлетворять следующим требованиям:

- 1) газообразование в сформованных кусках теста к началу процесса расстойки должно происходить с достаточной интенсивностью;
- 2) структурно-механические свойства теста должны быть оптимальными для деления его на куски, округления, закатки и других возможных формирующих операций, а также для удержания тестом газа и сохранения формы изделия при окончательной расстойке и выпечке;
- 3) в тесте должно быть достаточное количество несброженных сахаров и продуктов гидролитического распада белков, необходимых для нормальной окраски корки хлеба;
- 4) в тесте должны образовываться и содержаться в необходимых количествах вещества, обуславливающие специфический вкус и аромат хлеба.

130

Перечисленные свойства приобретаются тестом в результате целого ряда сложных комплексных процессов, происходящих одновременно и во взаимодействии.

ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ БРОЖЕНИИ ТЕСТА

Рассмотрение процессов, происходящих при брожении теста и приводящих к его созреванию, начнем с процессов, вызываемых в тесте дрожжами.

Спиртовое брожение

Как известно, зымазный комплекс ферментов дрожжей обеспечивает превращение моносахаров в спирт и углекислый газ (диоксид углерода). При этом молекула сахара гексозы превращается в две молекулы этилового спирта и две молекулы углекислого газа. Применяемые в хлебопечении дрожжи могут сбраживать все основные сахара теста — глюкозу, фруктозу, сахарозу и мальтозу.

Глюкоза и фруктоза сбраживаются непосредственно. Сахароза предварительно превращается сахарозой в глюкозу и фруктозу. В тесте с дрожжами скорость этого превращения сахарозы очень велика: уже через несколько минут после замеса теста вся содержащаяся в нем сахароза (даже при добавлении ее в тесто в количестве 7,5% от массы муки) превращается в глюкозу и фруктозу.

Молекула мальтозы также может разлагаться в тесте мальтазой дрожжей на две молекулы глюкозы.

В тесте (или опаре) дрожжами могут сбраживаться: собственные сахара муки, мальтоза, образующаяся в тесте из крахмала в результате действия на него амилотических ферментов, и сахар, внесенный в тесто (обычно сахароза).

Значение и роль в брожении теста собственных сахаров муки и мальтозы, образующейся в результате амиллиза, разобраны нами при рассмотрении вопроса о сахаро- и газообразующей способности муки.

Напомним, что собственные сахара муки могут играть существенную роль только на первых стадиях брожения теста. При наличии в тесте глюкозы, фруктозы и мальтозы (сахароза, как уже отмечалось, очень быстро превращается в тесте в глюкозу и фруктозу), скорость и очередность сбраживания этих сахаров различны.

Сначала сбраживаются глюкоза и фруктоза. При одновременном присутствии этих сахаров скорость сбраживания глюкозы несколько больше, чем фруктозы.

Мальтоза начинает сбраживаться хлебопекарными дрожжами только после того, как все наличное количество глюкозы и фруктозы практически сброжено. Переключение дрожжей со сбраживания глюкозы и фруктозы на сбраживание мальтозы требует

5*

131

известной перестройки ферментного аппарата дрожжевой клетки, поэтому в этот период скорость газообразования временно снижается. После приспособления дрожжей к сбраживанию мальтозы скорость газообразования в тесте опять возрастает до тех пор, пока не начнет сказываться недостаточность мальтозы в бродильной среде.

При добавлении в тесто сахарозы, превращающейся в нем в глюкозу и фруктозу, начало сбраживания мальтозы по времени отодвигается. При достаточном количестве добавленной в тесто сахарозы мальтоза вообще практически не сбраживается дрожжами.

При опарном способе приготовления теста дрожжи уже в опаре приспособляются к сбраживанию мальтозы. Поэтому хотя при замесе теста на опаре в нем и появляются новые количества глюкозы и фруктозы (в том числе и за счет сахарозы), но реакция снижения сбраживания мальтозы в тесте уже не наблюдается.

Размножение дрожжей

Определение количества дрожжевых клеток в таких объектах, как опара или тесто, представляет ряд методических трудностей. Поэтому хотя разработкой методов этого определения и занимался ряд исследователей, результаты подсчетов имеют все же приближенный характер.

Можно считать установленным, что чем меньше исходное содержание дрожжей в тесте, тем в большей мере происходит их размножение. Так, например, установлено, что прирост количества дрожжевых клеток в тесте за 6 ч брожения был следующий:

Количество добавляемых дрожжей, % к массе муки	0,5	1,0	1,5	2,0
Прирост дрожжевых клеток, %	88	58	49	29

Если учесть, что при содержании дрожжей в количестве 2% длительность брожения теста наименее 6 ч, то можно считать, что в тесте, содержащем по отношению к массе муки более 2% дрожжей, за обычные сроки брожения размножения дрожжей практически не происходит.

Следует отметить, что в 1 г прессованных дрожжей содержится обычно около 10 млрд. дрожжевых клеток (по данным отдельных исследователей — от 7,9 до 20,2 млрд.).

Исходя из этого, начальное содержание дрожжевых клеток в безопарном пшеничном тесте, содержащем 60% воды, 1,5% соли и 2% прессованных дрожжей (к массе муки), будет равно примерно 120 млн. на 1 г теста.

Размножение дрожжевых клеток может быть ускорено обогащением питательной среды витаминами и отдельными минеральными солями, например хлористым аммонием и сернокислым кальцием. Незначительные добавки хлорида натрия также могут стимулировать размножение дрожжей.

Изменение кислотности теста

В процессе брожения происходит увеличение кислотности опары и теста, вызванное накоплением продуктов, имеющих кислую реакцию. Титруемая кислотность опары и теста возрастает, а pH сдвигается в сторону более кислой реакции среды. Численное значение pH пшеничного теста из сортовой муки за время брожения изменяется с 6 примерно до 5.

Увеличение кислотности опары и теста в процессе брожения происходит в основном в результате образования и накопления ряда кислот.

В выброженном тесте присутствуют молочная, уксусная, янтарная, яблочная, муравьиная, винная, лимонная и некоторые другие органические кислоты. При приготовлении теста на прессованных дрожжах нарастание его кислотности в результате брожения примерно на две трети обусловлено накоплением в тесте молочной кислоты. Значительную роль играет и накопление уксусной кислоты. На долю всех остальных кислот падает обычно менее 10% кислотности теста.

Принято считать, что накопление в пшеничном тесте молочной и уксусной кислот является результатом брожения, вызываемого гетероферментативными молочнокислыми бактериями.

В накоплении молочной кислоты в тесте могут играть известную роль и гомоферментативные молочнокислые бактерии. При приготовлении пшеничного теста на прессованных дрожжах эти бактерии вносятся в тесто в основном с мукой. Следует отметить, что и товарные прессованные дрожжи содержат известное количество кислотообразующих бактерий.

Напомним, что в прессованных спиртовых дрожжах содержание молочнокислых бактерий почти в 3 раза ниже, чем в прессованных дрожжах, вырабатываемых на дрожжевых заводах.

Из кислотообразующих бактерий при обычной температуре опары и теста (28—30°C) основную роль в кислотообразовании играют мезофильные бактерии, имеющие температурный оптимум около 35°C.

Содержащиеся также в муке термофильные молочнокислые бактерии типа бактерий Дельбрюка, имеющие температурный оптимум 48—54°C, при обычной температуре опары и теста существенной роли играть не могут.

В табл. II приведены примерные значения титруемой кислотности опары и пшеничного теста из муки разных сортов, приготовляемого на прессованных дрожжах.

Как видно из данных табл. II, чем больше выход муки, тем выше начальная и конечная кислотность опары и теста. Объясняется это тем, что с повышением выхода муки увеличивается ее кислотность и, очевидно, количество в ней кислотообразующих бактерий.

Чем выше температура опары или теста, тем быстрее идет нарастание в них кислотности.

Таблица II

Мука	Кислотность теста, град.		Кислотность теста, град.	
	выпеченная	невыпеченная	выпеченная	невыпеченная
I сорта	1,5—2,0	2,5—3,2	2,0—2,5	3,0—3,5
II сорта	2,8—3,2	4,5—5,0	3,0—3,7	4,5—5,0
Обойная	3,5—4,0	5,5—6,0	4,5—5,0	5,5—6,5

Изменение кислотности пшеничного теста во время его брожения имеет большое значение. Процессы набухания и пептизация белковых веществ теста ускоряются при повышении его кислотности. Кислотность теста влияет и на действие в нем ферментов.

Вкус и аромат хлеба в значительной мере обусловлены накоплением в тесте кислот и продуктов их взаимодействия с некоторыми другими составными веществами теста, например спиртами.

Не случайно поэтому конечная кислотность опары или теста принимается за один из показателей их готовности или степени зрелости, а кислотность хлеба является одним из показателей его качества, включенных в стандарт на хлеб.

С точки зрения вкуса хлеба важны не только количество, но и состав кислот теста. Молочная кислота придает хлебу приятный вкус, свойственный пшеничному хлебу; уксусная же и другие летучие кислоты придают хлебу резко выраженный кислый вкус.

Коллоидные и физические процессы

Коллоидные процессы, происходящие при замесе и образовании теста, не завершаются к моменту окончания замеса, а продолжают и во время последующего брожения теста. Пожалуй, только адсорбционное связывание влаги белками, крахмалом и струбистыми частицами муки можно считать в основном законченным при замесе теста. Однако и этот процесс, несомненно, в известной мере продолжается при брожении теста.

Уменьшение плотности структуры белков теста, происходящее в результате как осмотических процессов набухания, так и дезагрегации белков протеиназой, увеличивает площадь их поверхности, которая может участвовать в адсорбционном связывании влаги.

При брожении теста продолжают интенсивно развиваться процессы набухания коллоидов, в том числе неограниченное набухание и пептизация белков теста и слизи муки.

Постепенное повышение кислотности и накопление спирта в тесте способствуют увеличению гидрофильности коллоидов теста.

Ограниченное набухание белков теста, продолжающееся при его брожении, уменьшает в нем количество жидкой фазы, улучшая

тем самым его структурно-механические свойства. Неограниченное набухание и пептизация, наоборот, увеличивают количество жидкой фазы теста, ухудшая его структурно-механические свойства.

В тесте из муки различной силы эти процессы протекают с разной скоростью. Процессы набухания в тесте из сильной муки протекают замедленно, достигая максимума только к концу брожения теста. Неограниченное набухание и пептизация белков при этом незначительны.

В тесте из слабой муки ограниченное набухание белков протекает относительно быстро. После достижения максимума ограниченное набухание вследствие малой структурной прочности белков, ослабляемой также интенсивным протечением, издается процесс неограниченного набухания, переходящий в процесс пептизации. Поэтому в тесте из слабой муки количество жидкой фазы быстро увеличивается, что ведет к ухудшению структурно-механических свойств теста, к его разжижению.

Механическое воздействие на тесто во время брожения, осуществляемое в виде обминки, способствует ускорению набухания белков теста из сильной муки и поэтому улучшает его структурно-механические свойства. Интенсивная обминка теста из очень слабой муки приводит к дополнительному ускорению разрушения и без того ослабленной структуры набухших белков теста и поэтому — к дополнительному ускорению их пептизации, вызывающему ухудшение структурно-механических свойств теста.

В процессе брожения теста (или опары) происходит увеличение его объема, вызванное разрывлением пузырьками диоксида углерода, накапливающегося в результате спиртового брожения. Само по себе это разрыхление кажется бесполезным, так как основная часть диоксида углерода будет вытеснена из теста при обминке, последующем делении на куски и формировании, однако известную пользу оно все же дает. Вследствие увеличения теста в объеме при его брожении происходит дальнейшее как бы вытягивание и растягивание клейковинных пленок из набухших частей муки.

Последующее сближение этих пленок при обминке теста и механических операциях его разделки обеспечивает создание в тесте структурного губчатого белкового каркаса, обуславливающего форму и газодерживающую способность теста в решающих стадиях технологического процесса — при окончательной расстойке и выпечке. В результате этого мякиш хлеба приобретает упругую, тонкопленочную и равномерную пористость, характерную для хорошего пшеничного хлеба.

Температура теста (и опары) в процессе брожения обычно увеличивается на 1—2°C по сравнению с начальной температурой теста сразу после замеса. Обусловлено это в основном адсорбционным процессом брожения и некоторым, очевидно незначительным при брожении тесте, связыванием влаги, продолжающимся при брожении теста.

Процессы спиртового и кислотного (в основном молочнокислого) брожения теста представляют собой делую цепь сложных биохимических процессов, обусловленных взаимодействием комплекса ферментов дрожжей и кислотообразующих бактерий теста и ферментов муки.

При этом из теста в клетки дрожжей и кислотообразующих бактерий поступают растворимые продукты, необходимые для их жизнедеятельности (брожения, дыхания, размножения), а из клеток в тесто выделяются основные и побочные продукты брожения.

Наряду с этими веществами, входящими в состав теста, испытывают комплекс превращений, обусловленных действием ферментов муки и продуктов, выделяемых дрожжами и кислотообразующими бактериями теста. В результате этого состав и свойства теста непрерывно изменяются.

Нельзя не отметить, что все многообразие комплексных биохимических процессов, происходящих в тесте при брожении, изучено еще недостаточно. Поэтому экспериментально обоснованно можно говорить лишь об отдельных изменениях биохимической природы, наблюдаемых при брожении теста.

Углеводно-амилазный комплекс теста в процессе брожения непрерывно изменяется. Собственные сахара муки довольно быстро сбраживаются дрожжами. В это же время из крахмала муки под действием α -амилазы (в муке из непросеянного зерна — практически только под действием β -амилазы) непрерывно образуется мальтоза.

Таким образом, происходит непрерывное потребление сахаров на процесс брожения и одновременно непрерывное пополнение их количества мальтозой, образующейся в результате амилолиза крахмала. В зависимости от соотношения интенсивности этих двух процессов может происходить либо уменьшение, либо увеличение общего количества сахаров в тесте в процессе его брожения.

Выше уже отмечалось, что мальтоза, содержащаяся в тесте, начинает сбраживаться только после того, как сахара, глюкоза и фруктоза будут сброжены. Сахароза в бродящем тесте в первые же минуты практически полностью превращается сахарозой в глюкозу и фруктозу. К концу брожения тесто должно содержать количество сбраживаемых сахаров, достаточное для интенсивного брожения в тестовых заготовках при их расстойке и для нормальной окраски корки пшеничного хлеба.

Следует отметить, что высокомолекулярные пентозаны муки в тесте в значительной степени подвергаются гидролизу под действием соответствующих ферментов.

Белки теста претерпевают при брожении теста не только изменения коллоидного состояния (набухание, пептизация), но и подвергаются протеолизу.

Неоднократно отмечалось, что протеолиз в бродящем тесте, замешанном с дрожжами, происходит интенсивнее, чем в тесте

без дрожжей. Часто это объясняется тем, что дрожжи содержат значительное количество глутатиона, способного в восстановленной форме активизировать действие протеиназ муки.

Однако выше нами уже отмечалось, что с этой точки зрения важно содержание в дрожжах не общего количества глутатиона, а глутатиона, способного переходить из восстановленной в окисленную форму, т. е. в тесто. Количество такого глутатиона в прессованных дрожжах возрастает по мере их хранения, особенно в неблагоприятных условиях. Поэтому протеолиз в тесте может быть активирован частично и вследствие перехода в него известного количества глутатиона дрожжей.

Однако протеолиз в бродящем тесте активируется и дрожжами, не выделяющими глутатион. Это можно, по-видимому, объяснить тем, что внесение в тесто дрожжей сдвигает его окислительно-восстановительный потенциал в направлении усиления восстановительных свойств. Восстановительное же действие влияет на все элементы белково-протеинового комплекса муки в тесте: протенизация активируется, окисленная часть активаторов протеолиза восстанавливается и атакуемость белков повышается.

Протеолиз, происходящий в пшеничном тесте, в основном важен не по образованию весьма незначительного количества продуктов глубокого распада белка, а по его дезагрегирующему белки действию.

Ошибочно считать, что любая степень протеолиза в тесте из муки любой силы вредна. Например, в тесте из сильной муки известная степень протеолиза даже необходима для достижения им структурно-механических свойств, оптимальных для получения хлеба лучшего качества.

Окраска корки хлеба обуславливается меланоидинами, образующимися в результате взаимодействия восстанавливающих сахаров с продуктами протеолитического распада белков. Поэтому и с этой точки зрения известная степень протеолиза в тесте необходима.

Протеолиз в пшеничном тесте необходим и для приведения набухших белков теста в состояние, оптимальное для получения хлеба с наилучшей структурой пористости.

Однако интенсивность протеолиза в тесте не должна превышать оптимальную, зависящую от силы муки и ряда других факторов.

Чрезмерно интенсивный протеолиз, обычно наблюдаемый в тесте из очень слабой муки, дезагрегируя в значительной мере структурно непрочные белки такой муки, приводит к резкому увеличению неограниченного набухания и пептизации белков теста. В результате несоразмерно увеличивается жидкая фаза теста, которое по консистенции получается малоприспособленным для механической обработки на округлительных и закаточных машинах. При расстойке и выпечке такое тесто сильно расплывающееся, давая хлеб недостаточного объема и недопустимо расплывающийся.

В связи с этим протеолиз в тесте из слабой и даже средней по

силе муки целесообразно задерживать. Наиболее эффективным методом торможения протеолиза при брожении теста может быть применение улучшителей окислительного действия.

Известное торможение протеолиза в опаре и тесте вызывает и поваренная соль.

За последние годы был проведен ряд исследований, имеющих целью изучить изменения, происходящие в опарах и тестах при их брожении, в том числе и роль протеолиза в качестве одного из факторов, вызывающих эти изменения.

В некоторых из этих работ роль протеолиза изучалась в дрожжевых тестах, не подвергавшихся брожению. Результаты этих опытов, естественно, не могут отразить значительно более сложных условий, в которых протеолиз происходит в тесте при брожении.

Исходя из результатов исследований, можно прийти к заключению, что первичным и основным результатом протеолиза в тесте является дезагрегирующее действие протеиназ на белки. При этом изменяется в основном четвертичная и третичная структура белка.

Разукрупнение межмолекулярных образований, изменение и ослабление третичной структуры белка в его молекулах облегчает и ускоряет набухание белка и увеличивает долю белка, в результате пептизации переходящего в жидкую фазу теста. Это приводит к соответствующему изменению структурно-механических свойств белкового каркаса теста и самого теста. Свойства теста ухудшаются, оно разжижается в процессе брожения.

В начале изучения протеолиза в тесте пытались характеризовать его по накоплению конечных продуктов гидролиза белка свободных аминокислот — путем определения химическими методами прироста аминного или карбоксильного азота. Однако изменения численных значений этих показателей при протеолизе теста были очень невелики. Поэтому в последующем стали характеризовать протеолиз по приросту водорастворимого азота, в большей степени отражающего интенсивность этого процесса.

Однако и этот показатель недостаточно отражает дезагрегирующее белок действие протеиназ в реальном тесте.

Исследования последних лет показали, что по содержанию водорастворимого азота в тесте (или опаре) к концу брожения нельзя судить о действительном количестве водорастворимых азотистых соединений, образовавшихся в тесте. Эти соединения в брожащем тесте не только образуются, но и непрерывно расходуются — потребляются бродильными микроорганизмами.

В связи с этим при изучении протеолиза в брожащем тесте по изменению содержания водорастворимого азота нужно идти сложным путем определения баланса (и «прихода» и «расхода») этой формы азотистых соединений. Но и в этом случае показатель содержания водорастворимых азотистых веществ не может в достаточной мере характеризовать изменения белков теста при его брожении.

Установлено, что при брожении теста часть водонерастворимых клейковинных белков может быть пептинована, но находится в состоянии, в котором оно практически не будет еще сказываться на значении показателя содержания водорастворимых азотистых веществ, определяемых принятыми для этого методами. Поэтому в последние годы для изучения изменений белков теста при его брожении стали применять отмывание из готового теста клейковины с определением количества сырой и сухой клейковины и ее свойств. Эти показатели

позволяют лишь в известной мере судить об изменениях белка, которые происходят при брожении теста.

Очевидно, вопрос об изменениях клейковины и ее свойствах в процессе брожения теста требует еще дальнейшего исследования, прежде чем характер и степень этих изменений можно будет принять в качестве объективных показателей для контроля готовности (степени зрелости) теста.

ФОРСИРОВАНИЕ СОЗРЕВАНИЯ ТЕСТА С ЦЕЛЬЮ ИНТЕНСИФИКАЦИИ И УСКОРЕНИЯ ПРОЦЕССА ЕГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ

Интенсификация производственных процессов и повышение качества продукции являются важнейшими задачами всех отраслей промышленности нашей страны.

Длительность брожения теста или опары и теста, приготовляемых традиционными способами, исчисляется часами и составляет большую часть общей длительности производственного процесса приготовления хлеба. При этом для брожения теста или опары и теста требуются и соответственно большие емкости (дежи, бункера и т. п.).

Это делает особо актуальной задачу форсирования созревания теста в период его брожения до разделки. Форсирование процесса созревания теста может быть достигнуто ускорением процессов собственно брожения, усилением механического воздействия на тесто и применением ряда специальных добавок.

Решая эту задачу, следует помнить и о сопряженной с ней задаче повышения качества, вкуса и аромата хлеба.

Форсирование процесса брожения

Форсирование брожения является одним из возможных путей ускорения созревания теста.

Для этого могут применяться различные способы:

- а) увеличение количества прессованных или жидких дрожжей, вносимых при замесе в безопарное тесто или в опару; при приготовлении теста на непрерывно ведущихся жидких заквасках или иных сбраживаемых полуфабрикатах — увеличение их количества, вносимого в тесто при замесе;
- б) предварительная активация прессованных дрожжей, на которых готовится опара или тесто;
- в) применение не прессованных дрожжей, а более активного по бродильной способности дрожжевого молока (дрожжевого концентрата);
- г) при приготовлении теста на жидких дрожжах, заквасках или иных непрерывно ведущихся сбраживаемых полуфабрикатах — подбор и применение более активных рас и штаммов бродильных микроорганизмов (дрожжей и кислотообразующих бактерий);
- д) включение в рецептуру теста смеси минеральных солей, необходимых для питания дрожжевых клеток;

е) повышение температуры теста или предшествующих ему полуфабриката (опары и пр.) до температуры, оптимальной для форсирования брожения.

Эти способы в той или иной степени уже многие годы используются в хлебопечении при приготовлении пшеничного теста. При их применении следует не упускать из вида качественные показатели готового к разделке теста (достаточное содержание образующихся сахаров, структурно-механические свойства теста, обеспечивающие бесперебойное прохождение его через округлительные машины и агрегаты для расстойки и, что самое важное, получение хлеба хорошего объема, правильной формы, полноценного по вкусу и аромату).

Усиленное механическое воздействие на тесто при его замесе и образовании

Этот способ является одним из радикальных путей форсирования процесса созревания теста.

При рассмотрении процессов, происходящих при замесе теста, отмечалось, что цель замеса теста не ограничивается только получением однородной во всей массе смеси ингредиентов, из которых оно готовится. Не менее важно привести тесто в состояние, при котором его свойства обеспечат оптимальное протекание последующих стадий технологического процесса и позволят получить хлеб наилучшего качества.

Следует отметить, что возможность ускорения процесса созревания теста путем усиления его механической обработки при замесе была экспериментально установлена отдельными исследователями уже много лет назад.

Так, например, Сазисон и Уорман еще в 1926 г. установили, что интенсивная обработка теста при замесе способствует ускорению его созревания. Исходя из этого был предложен способ приготовления пшеничного теста с удлинением до 15 мин интенсивным замесом теста, которое сразу же после замеса шло на деление, формование, расстойку и выпечку.

В 30-х годах в нашей стране и за рубежом были проведены исследования, посвященные изучению влияния длительности и интенсивности замеса теста на его свойства, процессы, происходящие в нем, и на качество хлеба. Было установлено, что показателем, обуславливающим целесообразную длительность замеса теста на тестомесильной машине определенного типа, может быть величина удельной работы замеса.

Следует отметить, что исследованиями 1926—1938 гг. предшествовало, а частично совпадало с ними по времени широкое внедрение в практику хлебопечения в США и Англии тестомесильных машин для порционного замеса теста с резко увеличенными скоростями месильных органов. Тесто при замесе в этих тестомесильных машинах обрабатывалось очень интенсивно, что вызывало значительное повышение его температуры. Поэтому месильные камеры этих машин снабжены водяными рубашками, а в отдельных конструкциях предусмотрено водяное охлаждение полых тестомесильных органов.

Однако в большинстве европейских стран и в СССР для замеса теста продолжали применяться «тихоходные» тестомесильные машины с малым числом циклов рабочего органа за единицу времени. Замес теста на таких тестомесильных машинах относительно длителен (6—10 мин, а иногда и более) и не обеспечивает достаточно интенсивной механической обработки теста¹.

В упомянутых исследованиях 1926—1938 гг. сущность изменений, вызывающих при интенсификации замеса теста ускорение его созревания и улучшение качества хлеба, или не затрагивалась, или трактовалась с точки зрения чисто механического воздействия на коллоидные и структурно-механические свойства клейковины в тесте и структурного каркаса, образуемого клейковинными белками в тесте.

Еще в 1937 г. было установлено, что между замесом теста, особенно усиленным, и протеканием в нем окислительных процессов существует определенная связь.

Исследовался замес теста в вакууме, в атмосфере воздуха, кислорода, азота, водорода и диоксида углерода с добавлением в тесто улучшителей окислительного действия и без этих добавок.

В этих работах был установлен факт механического захвата (окисления) тестом в процессе его замеса значительных количеств газа, и атмосфере которого ведется замес теста.

Если замес теста производится в атмосфере воздуха, кислорода или, как это позднее предлагалось, в атмосфере воздуха, обогащенного кислородом, то эти газовые пузырьки, образующиеся в тесте при его замесе, являются фактором окислительного действия кислорода на соответствующие компоненты теста, и в первую очередь на его белково-протеиновый комплекс.

В случае замеса теста в атмосфере инертного и окислительного отношения газа (азота, диоксида углерода, водорода) в тесте при замесе также образуются газовые пузырьки, которые могут играть роль «защитной» будущей пор в мякоти хлеба. Однако окислительное их влияние в этом случае исключается.

Исследовалось и влияние добавления к тесту химических улучшителей окислительного действия.

Было установлено, что и замес теста в атмосфере кислорода или воздуха, и внесение в тесто этих улучшителей форсируют достижение тестом при его замесе свойств, оптимальных для получения хлеба хорошего качества.

Исходя из отмеченного влияния окисления, пришли к заключению, что в молекулах белка в тесте имеются какие-то реактивные химические группы. Механические же воздействия на тесто при его замесе приводят эти группы в состояние (положение), благоприятное для их реакционного взаимодействия.

За последние годы многочисленными исследованиями было установлено, что такими реакционноспособными группами являются в первую очередь сульфидильные группы —SH. Эти группы содержатся в структуре не только белка, но и активатора протеолиза (глютамина, цистина) и протеиназы муки. Окисление их с образованием дисульфидов ($-S-S-$) связан мостиком инактивирует активатор протеолиза и протиназу и ускоряет как внутримолекулярную (в основном третичную) структуру белка, так и межмолекулярные его образования (четвертичную структуру). Был в основном установлен механизм

¹ В качестве примера укажем, что исследованиями, проведенными во ВНИИХП, было показано, что на очень распространенной у нас тестомесильной машине ХТШ для достижения оптимальной удельной работы при замесе теста из пшеничной муки I сорта при влажности теста 45,5% длительность замеса теста должна быть в пределах 50—80 мин, а при влажности теста 41,5% — в пределах 25—40 мин.

окисления — SH-групп белков, протеина теста и их активаторов, происходящего при замесе теста.

Объяснение — SH-групп упомянутых выше компонентов белково-протеиназного комплекса теста при замесе его в атмосфере воздуха или кислорода может происходить двумя путями: либо прямым окислением — SH-групп дисульфидом, либо окислением полиненасыщенных жирных кислот липидов теста с образованием пероксидных соединений (в основном гидропероксидов) и их последующим окислительным действием на —SH-группы теста.

Следует учитывать и динамический характер обильного взаимодействия между —SH-группами и —S—S—связями в структуре белка теста, а также в протеинах теста и их активаторах.

Нельзя не учитывать и то, что не все —SH-группы и —S—S—связи соответствующих компонентов теста в одинаковой степени доступны для реакционного взаимодействия.

Существенно и то, что не только —S—S—связи, но и водородные связи в структуре белка теста укрепляюще влияют на структурно-механические свойства теста, что белкового характера в отмытой от теста клейковине.

Возможен и еще один способ окисления — SH-групп белка и протеина теста и их активаторов — путем окисления в тесте улучшителей окислительного действия (K_2O_2 , K_2O_3 и др.).

В ряде работ были установлены и уточнены существенные различия в изменении, происходящих в тесте при его замесе в атмосфере кислорода или содержащего его воздуха и в атмосфере азота или диоксида углерода. Было показано, что замес и повторный промес теста в атмосфере кислорода характеризуются тем, что при их применении тесто быстро приходит в состояние оптимальное для получения хорошего хлеба. При этом дальнейшее после оптимума продолжение замеса или повторного промеса теста приводит к быстрому нежелательному изменению его свойств и в результате к уменьшению объема хлеба и ухудшению пористости его мякиши.

Замес же или повторный промес теста в атмосфере азота или диоксида углерода выявили вышнюю большую устойчивость теста к длительности проведения этих операций.

Замес теста в атмосфере кислорода почти полностью устранял ухудшающее качество хлеба действие добавления в тесто известных количеств протеиназы (паланика) и ее активаторов (пистина, глутатиона).

Механическое воздействие при повторном промесе теста с избыточным количеством внесенного в него улучшителя окислительного воздействия (бромата калия) устраняло ухудшающее хлеб влияние избытка окислителя.

Ухудшающий количество хлеба эффект замеса в атмосфере кислорода тем больше, чем выше выход муки и чем больше в муке восстановительных веществ — активаторов протеиназы.

Аналогичное в принципе влияние окислительных и механических воздействий при замесе в атмосфере кислорода, воздуха или азота было выявлено и в отношении условий и длительности замеса опары при опарном способе приготовления теста.

В ряде работ было исследовано влияние длительности и интенсивности замеса теста и состава газовой среды, в условиях которого он проводится, на обильное взаимодействие сульфидируемых и дисульфидных групп и на составные белков в тесте.

Так, например, было установлено, что увеличение длительности замеса теста в атмосфере азота приводит к заметному увеличению в нем количества реакционноспособных и поэтому доступных для аналитического определения сульфидируемых групп. Было отмечено, что тесто, замешанное в атмосфере азота, получается более растяжимым и оказывало меньшее сопротивление формовки по сравнению с тестом, замешанным в атмосфере воздуха.

Увеличение при этом в тесте числа реакционноспособных сульфидируемых

групп может быть объяснено механическим воздействием в процессе замеса на тесто и содержащиеся в нем белки. Механические воздействия могут вызывать либо механический разрыв дисульфидных связей-мостиков в структуре белка (третичной или четвертичной) с образованием при этом новых —SH-групп, либо, что более вероятно, увеличивать пространственную доступность части —SH-групп белка, имевшихся у белка муки, но бывших пространственно недоступными.

Чем дольше длится замес, тем больше набухающий в тесте белок вытягивается из частицы муки в виде пленки, из которой и образуется губчатый клейковинный каркас теста. Естественно, что при этом возрастает доступная реакционноному взаимодействию увеличивая поверхность белка, а следовательно, и доля расположенных на ней —SH-групп.

Иначе процесс протекает при замесе теста в атмосфере содержащего кислород воздуха или тем более в атмосфере кислорода.

В этих условиях увеличение длительности замеса приводит к заметному снижению количества —SH-групп при практически неизменном или незначительно меньшем количестве подпадающих определению —S—S—связей. Снижение количества SH-групп легко объясняется их окислением кислородом, захваченным в виде мелких пузырьков тестом при его замесе.

Объяснение — SH-групп приводит к соответствующему увеличению в структуре белка —S—S—связей (дисульфидных связей-мостиков). В результате происходит упрочнение структуры белка и упрочнение его межмолекулярных образований, часть образованных ранее имевшихся в белке дисульфидных —S—S—связей могут становиться пространственно недоступными и поэтому аналитически не определяемыми.

В одной из работ было прямо установлено, что замес теста в атмосфере воздуха в отличие от замеса в азоте увеличивает в тесте количество крупномолекулярных белковых веществ (имевших молекулярную массу около 150 000) и уменьшает содержание в нем низкомолекулярных белков.

Последние десятилетия в развитии техники и технологии хлебопечения характерны разработкой новых способов и установок для непрерывно-поточного и ускоренного приготовления теста с полным выключением или резким сокращением при этом периода брожения теста с момента окончания замеса до начала его разделки.

Для решения этой задачи очень актуальным было исследование возможностей и оптимальных условий ускорения процесса созревания теста и улучшения качества хлеба путем интенсификации процесса замеса теста.

Влияние степени механической обработки пшеничного теста на процессы, происходящие в нем, и на качество хлеба было исследовано в работах, проводившихся в 1958—1961 гг. во ВНИИХПе. Было установлено, что для теста из пшеничной муки 1 сорта имеется определенный оптимум удельной работы замеса, характерный энергией, затраченной на замес теста (в Дж на 1 г теста).

Этот оптимум различен для теста из муки, разной по силе, и равен для муки слабой 15—25, средней по силе 25—40 и сильной — 40—50 Дж на 1 г теста¹.

Исследования, проводившиеся в КТИППе (И. М. Ройтер, В. Г. Юрак, Н. И. Берзина, 1980), показали влияние целого ряда

¹ Существенно, что замес теста в атмосфере диоксида углерода приводит к заметному снижению по сравнению с замесом в атмосфере воздуха численного значения pH теста сразу же после его замеса.

² По данным Фортмэна и др., оптимум удельной работы замеса равен для муки, требующей короткого замеса (т. е. слабой), 21 Дж на 1 г теста и для муки, требующей длительного замеса (сильной), 34 Дж на 1 г теста.

технологических факторов на оптимальную удельную затрату энергии на замес теста и целесообразность разработки соответствующих дифференцированных нормативов, учитывающих сочетания разного рода технологических факторов и их параметров.

Исследования, проведенные сотрудниками Британской исследовательской ассоциации хлебопекарной промышленности в Чорлиауде (Англия), привели их авторов к выводу, что независимо от свойств муки оптимальная удельная работа замеса теста равна 40 Дж на 1 г теста. При этом оговаривается, что указанная работа должна быть совершена не более чем за 4—5 мин замеса теста. Следует иметь в виду, что в данном случае речь идет о приготовлении пшеничного теста однофазным, так называемым чорлиаудским способом, предусматривающим разделку теста сразу же после его замеса. Позднее, однако, отмечалось, что 40 Дж на 1 г теста — это значение, которое в производственной практике для выработки хлеба требуемого качества может изменяться.

Это численное значение удельной работы интенсивного замеса теста значительно выше, чем при применении обычных тестомесильных машин периодического действия, не рассчитанных на интенсивный замес теста.

В связи с этим в ряде стран разработаны и производятся специальные тестомесильные машины как периодического, так и непрерывного действия, рассчитанные на интенсифицированный замес теста. Ряд таких тестомесильных машин снабжен аппаратурой для контроля производимой при замесе теста работы и устройствами для автоматического выключения после достижения заданной удельной работы.

Отношение удельной работы при замесе теста может зависеть от ряда факторов: вида, сорта и свойств муки, рецептуры теста (влажности теста, содержания жиров, окислительных веществ и т. д.), способа приготовления теста (однофазного или на сброженном полуфабрикате, без периода брожения теста и разделки или с той или иной длительностью этого периода и т. д.), вида хлеба и хлебных изделий и требований, предъявляемых потребителем к степени и характеру пористости их мякиша.

Конфигурация мискильной камеры и рабочих органов, частота их вращения зависят от вида и степени механических деформаций теста при замесе, на производимую при этом удельную работу и, вероятно, в известной мере на оптимальную ее величину.

Интенсификация процесса замеса теста с целью ускорения его созревания предусматривает не только optimum удельной работы замеса теста, но и достижение его за определенное и относительно малое время. Это может быть достигнуто либо подбором соответствующей конструкции и числа рабочих мискильных органов, либо увеличением числа их рабочих циклов (оборотов или иных перемещений) за единицу времени, либо сочетанием и того и другого.

В нашей стране еще в 1960-е годы была создана скоростная роторная тестомесильная машина ХТП (автор Н. Ф. Промислов). Рабочий орган этой машины имеет 1440 оборотов в минуту и длительность замеса теста была в пределах 6—7 с. После испытания и проверки в производственных условиях нескольких опытных образцов этой машины из-за несовершенства конструкции в серийное производство она не пошла.

В последующие годы нашими конструкторами был разработан ряд других тестомесильных машин, интенсивно механически поз-

действующих на замешиваемое тесто или жидкие полуфабрикаты (опары и др.). Так, например, созданы и применяются на производстве тестомесильные машины интенсивного действия марки РЗ-ХТП (ТНН) — для периодического замеса теста, РЗ-ХТО — для непрерывного замеса и механической обработки жидких полуфабрикатов.

Комбинация в агрегате ХТУ-Д тестомесильной машины Х-12 со шнековым нагнетателем замешенного теста также повышает интенсивность механического на него воздействия.

Характеристики названных выше тестомесильных машин будут даны при рассмотрении аппаратурно-технологических схем приготовления теста, предусматривающих их применение.

На предприятиях хлебопекарной промышленности, еще не оснащенных специальными, интенсивно обрабатывающими тестомесильными машинами, задачу увеличения механических воздействий на тесто при его замесе необходимо в возможной степени решать, используя имеющиеся тестомесильные машины.

В ряде случаев это возможно только путем изменения длительности замеса теста. Следует иметь в виду, что для достижения при этом одного и того же уровня удельной работы замеса теста более жидкое по консистенции (с большей влажностью, с более высокой температурой или из более слабой муки), как показала работа ВНИИХПа, придется месить дольше, чем тесто, более густое по консистенции.

В этих же работах было показано, что увеличение удельной работы замеса теста с 3,5 до 40 Дж на 1 г теста способствовало улучшению структурно-механических свойств теста перед его разделкой. Повышалась атакуемость крахмала в тесте амлазами, что обуславливало увеличение сахара и газообразования. Улучшение при этом структурно-механических свойств теста повышало его газодерживающую способность, а в результате этого и возможный прирост объема тестовых заготовок в расстойке и в первый период процесса выпечки. В результате этого увеличивался и объем хлеба.

Было также установлено, что увеличение удельной работы замеса теста как сразу после замеса, так и в тестовых заготовках, готовых к выпечке, уменьшало количество отмываемой из теста сырой и сухой клейковины, причем гидратационная способность клейковины несколько повышалась.

По структурно-механическим свойствам клейковины при усиленном замесе была слабее. Содержание в тесте водорастворимого азота несколько возрастало. Все это также свидетельствует об ускорении процесса созревания теста.

Таким образом, усиление механической обработки теста при его замесе (в случае брожения теста в дежах и при его обминке) является, особенно в сочетании с применением улучшителей окислительного воздействия, эффективным путем ускорения процесса созревания пшеничного теста. Этот путь может быть использован и для значительного сокращения периода брожения теста до его разделки или для существенного улучшения качества хлеба при сохранении обычной длительности процесса брожения теста.

Химический путь ускорения созревания теста

Этот путь ускорения созревания теста разрабатывается в двух различных направлениях, преследующих разные цели.

1. Использование в сочетании с окислителями и восстанови-

тельно действующих агентов как химических ускорителей процесса созревания теста лежат в основе первого направления, имеющего основной целью форсирование механического «развития» теста в процессе его замеса и снижение на этой основе удельной работы, затрачиваемой при этом.

В результате работ, проведенных в США, было предложено вносить в тесто для ускорения его созревания смесь цистеина, порошка из сычужного, высушенного в вакууме, и бромата калия. Сначала применение такой смеси имело целью получение при приготовлении теста в дежах на обычном оборудовании однофазным безопарным способом хлеба, не уступающего по качеству хлебу из теста, приготовленного опарным способом. Позднее было установлено, что и при непрерывно-поточном приготовлении теста на специальном оборудовании применение смеси цистеина, сычужка и бромата калия ускоряет образование и созревание теста и резко снижает энергию (работу), затрачиваемую на замес и образование теста.

Химическим путем ускорения образования и созревания теста стали заниматься и в Англии, а связи с тем что внедрение разработанного там чорли-вудского способа приготовления теста без брожения требовало применения более интенсивно воздействующего на тесто оборудования. Был запатентован и описан способ химического ускорения образования и созревания теста путем добавления в тесто антислеива и ферментной заквашенной закваски (бромата калия или аскорбиновой кислоты и бромата калия) в сочетании с внесением в тесто небольшого количества жира с относительно высокой температурой плавления.

2. Давление в тесто при замесе органических кислот в сочетании с увеличением количества прессованных дрожжей (до 2—3%), применением усиленного или удлиненного замеса теста и повышенной его температурой (32—33°C) предусмотрено в ускоренном способе приготовления пшеничного теста, разработанном в технологической лаборатории ВНИИХПа.

Тесто, приготовленное этим способом, сразу же после замеса идет на деление, формирование последующую расстойку и выпечку.

Предусмотрено внесение в тесто молочной или лимонной и уксусной кислот в количествах, возрастающих с повышением выхода перерабатываемой муки.

Это направление химического пути ускорения процесса теста-приготовления не находит пока промышленного применения в связи с недостаточностью производства в нашей стране упомянутых органических кислот.

Добавление в тесто жиров и поверхностно-активных веществ (эмульгаторов)

Внесение в тесто жиров и пищевых поверхностно-активных веществ (эмульгаторов), особенно когда они вносятся в виде тонкодисперсных жироводных эмульсий, не только улучшает качество хлеба и продлевает период его свежести, но и ускоряет образование теста при его замесе и его последующее созревание.

Подводя итог работы в области форсирования процессов образования и созревания теста, следует отметить, что технологи хлебобулочного производства при совершенствовании существующих и разработке новых прогрессивных технологических схем при-

готовления пшеничного теста располагает ныне целым рядом путей, направлений и способов решения этих задач.

Одно обязательное требование следует при этом иметь в виду. Хлеб из теста, приготовленного любым ускоренным способом, не должен по показателям качества, в том числе по вкусу и аромату, уступать хлебу из теста, приготовленного лучшим с этой точки зрения ранее известным способом.

ОБМИНКА ТЕСТА

При порционном приготовлении пшеничного теста на тестомесильных машинах периодического действия с подкатными дежами и при наличии периода брожения теста в деже его целесообразно в пределах этого периода подвергать обминке.

Обминка теста — кратковременный (обычно 1,5—2,5-минутный) повторный промес его с помощью тестомесильной машины — имеет целью улучшение структуры и структурно-механических свойств теста, позволяющее получить хлеб наибольшего объема с мелкой, тонкостенной и равномерной пористостью мякиша.

Пшеничное тесто обычно подвергается одной-двум обминкам.

Количество и длительность обминки зависят от ряда факторов:

1) чем сильнее мука, тем больше должно быть число и длительность обминки, чем слабее — тем меньше;

2) чем длительнее брожение теста, тем больше должно быть число обминки;

3) чем больше выход муки, тем меньшее число обминки должно применяться. Так, например, тесто из пшеничной муки II сорта обычно обминают один раз. Тесто из обойной муки, как правило, вообще не подвергается обминке.

В случае применения одной обминки теста ее обычно производят по истечении примерно двух третей общей длительности брожения теста. При большем числе обминки последняя обминка должна производиться не позднее чем за 20 мин до начала разделки теста.

Улучшение структуры пористости мякиша хлеба в результате обминки теста вызвано тем, что относительно более крупные газовые пузырьки в тесте как бы дробятся на более мелкие и равномернее распределяются в массе обминаемого теста. Повторный промес теста при его обминке, так же как и начальный замес теста, связан с захватом воздуха, а следовательно, с образованием в тесте новых, дополнительных к уже имевшимся газовых пузырьков — «второйшей» будущих пор в мякише хлеба. Дополнительное насыщение теста пузырьками захваченного воздуха вызывает и дополнительное окислительное воздействие на компоненты белково-протеинового комплекса теста, способствуя этим улучшению его структурно-механических свойств. Есть основания полагать, что дополнительное окислительное воздействие при обминке теста оказывает известное улучшающее влияние и на вкус и на аромат хлеба.

В ряде новых технологических схем пшеничное тесто сразу же после его замеса или после 15—20 мин брожения в тестоспуске над дежителем идет на разделку. В этом случае процесс обминки теста отсутствует. В отдельных из этих схем (в том числе американских и английских) отсутствие обминки теста в какой-то мере компенсируется усиленной дополнительной механической обработкой уже замешенного теста с обязательным внесением в него улучшителей окислительного действия.

Практически отсутствует операция обминки теста и при приготовлении теста в отдельных отечественных бездрожжевых агрегатах (бункерных и ХТР).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОТОВНОСТИ ТЕСТА

Готовое к разделке, выброженное и созревшее тесто должно обладать свойствами, оптимальными для дальнейших стадий технологического процесса (разделка и выпечка) и получения хлеба наилучшего качества.

К сожалению, пока еще не разработаны достаточно обоснованные критерии и показатели готовности теста к разделке.

При приготовлении теста способами, предусматривающими определенный период его брожения до пуска на разделку, готовность теста практически в основном определяют по его титруемой кислотности с учетом структурно-механических свойств, определяемых органолептически.

Кислотность теста, как мы уже отмечали, является существенным, однако далеко не единственным показателем готовности теста к разделке.

Хорошо выброженное и созревшее тесто должно обладать достаточной газообразующей способностью и необходимым количеством несброженных сахаров. Структурно-механические свойства такого теста должны обеспечивать хорошую газо- и формоудерживающую способность его.

В тесте должны быть накоплены в минимально необходимом количестве продукты протеолиза, наряду с сахарами необходимые для нормальной окраски корки хлеба.

В нем должны быть также накоплены в необходимом количестве и оптимальном соотношении основные и побочные продукты спиртового и кислотного брожения, обуславливающие хороший специфический вкус и аромат хлеба.

Рассматривая процессы, происходящие при брожении теста, мы отмечали, что в ряде работ изучались изменения при этом в количестве и свойствах клейковины, которая может быть отмыта из теста, а также изменение содержания в тесте водорастворимых азотсодержащих веществ. Авторы этих работ принимали эти изменения за объективные показатели степени созревания или готовности теста к разделке. Анализ этих и других работ не позволяет еще, к сожалению, говорить о практической возможности использования этих показателей для контроля за готовностью теста к разделке.

В связи с этим разработка пригодных для производственного контроля методов определения готовности теста к разделке и нормативов численных значений показателей, определяемых для этой цели, продолжает еще оставаться задачей, стоящей перед научным и инженерным работниками хлебопекарной промышленности.

В КТИППе разработаны (Ю. В. Устинов, И. М. Ройтер и Е. Н. Пивень) и испытаны на Броварском хлебозаводе методы

объективного определения не только качества, но и готовности пшеничных полуфабрикатов хлебопекарного производства.

В частности, для жидкой опары, на которой готовится тесто для кишиневского подового хлеба, за показатель ее готовности принято снижение в ней скорости газообразования. Для теста на этой опаре в качестве показателя его готовности принято снижение почти до нуля скорости изменения величины r_{H_2} , характеризующих его окислительно-восстановительный потенциал. При готовности теста скорость изменения этого показателя равна от 0,01 до 0,02 ед. $r_{H_2}/мин$.

СООТНОШЕНИЕ И РОЛЬ В ТЕСТЕ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ

Количество отдельных видов сырья в тесте принято выражать в процентах к массе муки в тесте. Ниже мы рассмотрим роль и отношение в тесте к массе муки таких видов сырья, как вода, дрожжи, соль, сахар и жиры.

ВОДА КАК КОМПОНЕНТ ТЕСТА

В пшеничном тесте для различных сортов хлеба и хлебобулочных и других изделий количество воды может колебаться в пределах от 35—40 до 72—75% к массе муки. Количество воды в пшеничном тесте зависит от ряда факторов.

Сорт хлеба и хлебных изделий в значительной мере определяет количество воды в тесте. Для каждого сорта хлеба или хлебных изделий стандартом установлена предельно допустимая влажность мякиша или целого изделия. Норма предельно допустимой влажности данного сорта хлеба определяет и максимальную влажность теста, а в связи с этим (с учетом рецептуры теста и влажности муки) и количество воды, добавляемое на 100 кг муки.

Наименьшую влажность имеет тесто для бараночных изделий, наибольшую — для формового хлеба из обойной муки.

Выход муки также влияет на количество воды в тесте. Чем выше выход муки, тем больше воды может содержаться в тесте. Обусловлено это тем, что частички оболочек зерна, содержащиеся в муке высоких выходов, обладают способностью связывать воду в большем количестве, чем частички эндосперма.

Влажность муки влияет на соотношение муки и воды в тесте: чем суше мука, тем больше воды она может поглотить при замесе. Поэтому нормы выхода хлеба устанавливаются на муку с определенной «базисной» влажностью (14,5%) и соответственно корректируются при выработке хлеба из муки с меньшей или большей влажностью.

Однако опыт работы промышленности и исследования, проведенные во ВНИИХПе, показали, что чисто арифметический подход к корректировке норм выхода хлеба (исходя из содержания в му-

ке сухого вещества) не отражает действительного влияния фактора влажности муки. Можно считать установленным, что при очень низкой влажности муки (примерно 10—13%) для получения теста с нормальными структурно-механическими свойствами и хлеба хорошего качества приходится при замесе добавлять воды меньше, чем следовало бы добавить по расчету, исходя из содержания сухого вещества в муке и другом сырье.

В связи с этим корректировка выхода хлеба в зависимости от влажности муки сейчас производится только при влажности муки выше 12%. Мука влажностью ниже 12% при расчетах выхода приравнивается к муке влажностью 12%.

Количество сахара и жира, добавляемых в тесто по рецептуре, существенно влияет на количество воды, которое следует добавлять при замесе теста. Чем больше в тесте сахара и жиров, тем соответственно меньше требуется воды.

При добавлении в тесто сахара, содержащего всего лишь десятые доли процента влаги и, следовательно, более «сухого» чем мука, тесто все же как бы разжижается и в результате этого снижается количество воды, которое нужно было бы добавить для получения теста нормальной консистенции. Дегидратирующее действие сахаров приводит к разжижению теста вследствие того, что количество воды, осмотически связанной белками в тесте, при добавлении сахаров уменьшается, поэтому содержание жидкой фазы теста увеличивается и тесто становится более «жидким».

Дегидратирующее действие сахара на коллоиды теста было экспериментально показано А. Г. Кузьманом на примерах снижения водоудерживающей способности муки, тем большего, чем выше была концентрация сахаров (глюкозы, мальтозы и сахарозы).

Внесение в тесто жира также несколько разжижает его. Поэтому при внесении в тесто значительных количеств сахара и жиров приходится соответственно сокращать количество воды, добавляемой при замесе.

Если в рецептуру теста входит молоко, содержащее около 88% воды, или яйца, количество воды в тесте также приходится соответственно сокращать.

Сила муки обуславливает структурно-механические свойства теста из нее. Поэтому чем сильнее пшеничная мука, тем относительно выше количество воды, которое следовало бы вносить в тесто для получения хлеба с наибольшим объемом и лучшей пористостью.

При переработке слабой муки структурно-механические свойства теста в период брожения сильно ухудшаются. Тесто разжижается и становится липким, что затрудняет или даже делает практически невозможным прохождение кусков теста через округлительные и закаточные машины. При расстойке тестовые заготовки очень быстро и сильно расплываются.

В связи с этим количество воды, вносимой в тесто из слабой муки, приходится снижать, и тесто готовят с влажностью, часто даже меньшей, чем это допустимо с точки зрения нормы влажности

мякши данного сорта изделий. Это, естественно, влечет за собой снижение выхода изделий и ухудшение экономических показателей их производства.

Способы и режимы приготовления теста, а также добавки, изменяющие структурно-механические свойства теста, влияют на оптимальное количество воды в тесте. Чем в большей степени перечисленные факторы улучшают структурно-механические свойства теста перед его разделкой, тем выше будет технологически оптимальное содержание воды в тесте.

Влияние количества воды в тесте на процессы, происходящие при замесе и брожении, очень велико.

Чем больше воды в тесте, тем интенсивнее протекают процессы набухания и пептизации белков, тем больше в нем жидкой фазы и тем скорее происходит его разжижение.

Увеличение количества воды в тесте ускоряет действие ферментов в нем. Количество воды в тесте влияет также и на жизнедеятельность его бродильной микрофлоры, на интенсивность брожения и скорость размножения дрожжей.

В связи с этим влажность теста необходимо систематически контролировать. Значение этого контроля подчеркивается тем, что влажность теста фактически предопределяет влажность мякши хлеба, регламентируемую стандартом.

ДРОЖЖИ КАК КОМПОНЕНТ ТЕСТА

Прессованные дрожжи применяются при приготовлении пшеничного теста, как это предусмотрено рецептурами, в количестве от 0,5 до 3% от массы муки в зависимости от ряда факторов.

Чем меньше подъемная сила дрожжей, тем большее количество их следует употреблять при замесе теста.)

В одной из наших работ была установлена зависимость между подъемной силой дрожжей и газообразованием в тесте с добавлением 60% воды, 1,5% соли и 1% дрожжей, характеризуемая цифрами, приведенными в табл. 12.

Таблица 12

Длительность брожения теста, мин	Количество CO ₂ (в мл), выделяющегося в тесте при подъемной силе дрожжей, мин		
	75	110	150
60	40	18	10
120	140	72	39
180	289	170	66
240	504	310	137
300	781	530	237
360	1041	814	378

При ухудшении качества дрожжей газообразование в тесте уменьшается, поэтому дозировку дрожжей с пониженной подъемной силой следует соответственно увеличивать.

Длительность брожения находится в тесной зависимости от количества дрожжей в тесте. Известно, что чем скорее хотят получить выброженное тесто, тем больше дрожжей нужно употребить при его замесе. Безопарное пшеничное тесто при добавлении 1% дрожжей может нормально выработать в течение 3,5—4 ч, а то время как при 3—4% дрожжей достаточно примерно 2 ч брожения.

Газообразующая способность муки в случае отсутствия сахара в рецептуре теста должна находиться в соответствии с количеством дрожжей. Если количество дрожжей будет слишком велико по сравнению с газообразующей способностью муки, то в конце брожения теста, к решающему моменту расстойки и выпечки, в тесте не останется количества сахара, достаточного для нормального хода расстойки, подема теста в печи и нормальной окраски корки хлеба.

Способ приготовления теста также может влиять на количество вводимых дрожжей. При опарном способе требуется меньше дрожжей, чем при безопарном (в первом случае добавляется 0,5—1% дрожжей, во втором 1,5—3%). В результате этого суммарное время брожения опары в теста больше по сравнению с брожением безопарного теста. В опаре при более низкой, чем в безопарном тесте, дозировке дрожжей происходит некоторое их размножение. Помимо этого, при замесе теста на опаре дрожжи находятся в уже активированном состоянии. Методы активации прессованных дрожжей будут изложены при рассмотрении способов приготовления пшеничного теста.

Следует особо отметить необходимость существенного увеличения количества дрожжей, вносимых в тесто, которое готовится по новым технологическим схемам однофазным способом с усиленным замесом и луском теста на разделку сразу же после его замеса.

Количество сахара и жиров в тесте тоже является фактором, от которого зависит количество дрожжей. Общая зависимость здесь такова: чем больше в тесте сахара и жиров, тем больше дрожжей следует применять. Повышенное количество дрожжей необходимо ввиду тормозящего жизнедеятельность дрожжей действия больших концентраций сахара и жиров в тесте.

При известной концентрации сахара и жиров жизнедеятельность дрожжей вообще не может проявиться. В этом случае для разрыхления теста приходится пользоваться химическими разрыхлителями или осуществлять механическое разрыхление теста.

О влиянии количества сахара и растительного масла на газообразование в безопарном тесте из 50 г муки I сорта, 60% воды, 1% дрожжей и 1,5% соли можно судить по данным табл. 13 и 14.

При добавлении сахара количество воды уменьшалось на 0,48% от количества сахара.

Таблица 13

Длительность брожения, мин	Газообразование (в мл) в тесте при добавлении сахара в количестве, %					
	0	10	30	30	40	50
60	35	63	30	8	0	0
120	85	173	90	18	0	0
180	145	316	165	42	7	0
240	245	491	265	77	20	7
300	397	671	387	127	47	18

Таблица 14

Длительность брожения, мин	Газообразование (в мл) в тесте при добавлении масла в количестве, %		
	0	10	30
60	57	35	13
120	22	95	65
180	222	183	150
240	364	308	265
300	609	469	386

Понижение газообразования в тесте с большой концентрацией сахаров можно объяснить плазмолизом дрожжевой клетки, который и является причиной снижения ее жизнедеятельности, а при соответствующей концентрации сахарного раствора — даже гибели дрожжевых клеток.

Замедление газообразования вследствие добавления жира в больших количествах принято объяснять частично как бы оболочиванием поверхности дрожжевых клеток адсорбированными пленками жира, которое затрудняет прохождение растворимых питательных веществ через оболочку клетки. Чем больше жиров в тесте, тем большее количество пор оболочек дрожжевых клеток выключено из участия в обмене дрожжевых клеток со средой — тестом и тем сильнее подавляется их жизнедеятельность.

Следует отметить, что количество прессованных дрожжей, вносимых в пшеничное тесто, в ряде стран значительно выше, чем в нашем хлебопечении.

В хлебопечении ряда западноевропейских стран принято, например, при однофазном приготовлении теста для несдобных мелкостручных изделий вносить в него 3—6% прессованных дрожжей, а в сдобное тесто 6—8% и более. Это позволяет готовить тесто низкой температуры (23—26°C) и с коротким брожением до разделки.

СОЛЬ КАК КОМПОНЕНТ ТЕСТА

Количество поваренной соли (хлорида натрия) в тесте может колебаться от 0 до 2,5% к массе муки. Совершенно без соли готовится тесто для ахлоридного хлеба, предназначенного для почечных больных.

В тесте для большинства основных сортов хлеба и хлебобулочных изделий количество соли находится в пределах 1,25—1,5%. В тесте для некоторых специальных сортов хлеба (городские ба-тоны, соленая витушка) содержание соли доходит до 2,5%.

Соль добавляют в тесто в качестве вкусовой добавки. Однако внесение соли в тесто влияет и на биохимические, коллоидные и микробиологические процессы, происходящие в нем.

Соль влияет на структурно-механические свойства теста, газообразование и кислотонакопление в нем, а в результате на прохождение теста через тесторазделочное оборудование и на форму, объем и окраску корки выпеченных хлебных изделий.

Влияние соли на углеводно-амилазный комплекс муки изучалось рядом исследователей. Установлено повышение температуры клейстеризации крахмала в растворах поваренной соли нарастающей концентрации.

Установлено, что при нагреве водно-мучных суспензий на амиллографе температура начала процесса клейстеризации крахмала как пшеничной, так и ржаной муки по мере повышения концентрации поваренной соли заметно возрастала.

Есть указания на то, что обработка пшеничного крахмала хлоридом натрия снижает его атакуемость амилазами солода.

Данные отдельных работ о влиянии поваренной соли на активность амилаз и на амиллиз и сахарообразование в водно-мучных средах довольно противоречивы.

Есть исследования, указывающие на то, что 1%-ый раствор хлорида натрия (как и глютеноса) способен изменить на мучного субстрата крахмало-азное соотношение в крахмалах, чем вода, в результате высвобождения ее связывания с белками муки кооператива. С этой стороны внесение соли в водно-мучные среды должно было бы повысить доступность крахмала к амилазам. Более уже отмечалось, что соль может снижать доступность пшеничного крахмала амилазам в зависимости от температуры начала клейстеризации крахмала. Это может явиться за собой снижающее влияние соли на амиллиз крахмала в соответствующих условиях.

Результаты работ установили, что pH среды может влиять на действие соли на амиллиз крахмала.

Установлено, что если внесение соли в водно-мучные среды влияет на численность значения их pH и сторону сдвига.

Известно также, что в структуре молекул α - и β -амилазы имеются активные сульфгидрильные группы. И. И. Бессеркиной было показано, что соль снижает количество неактивных сульфгидрильных групп, в частности глютеноса, добавляемых в тесто с зерновыми зародышами. Это может явиться фактором, снижающим активность амилаз.

Далее будет показано, что соль в водно-мучных средах может стимулировать пептизацию белка, что в свою очередь вызывает большее высвобождение специфиче-ских белков муки амилаз.

Действие соли и pH на величину добавок соли на амиллиз (отметим,

что и на другие процессы) существенно зависит от соотношения воды и муки и средах, в которых проводится исследование.

На основании последних работ можно полагать, что активность амилаз может несколько повышаться от добавок соли при pH среды от 8 до 7. В зоне же значений pH среды от 6 до 4¹ добавление соли в концентрациях, практически применяемых в хлебопечении, снижает активность амилаз.

В температурных условиях, при которых происходит клейстеризация крахмала (амиллографирование при режиме нарастающей температуры, приготовление заварок и выпечка), добавление соли будет тормозить амиллиз также и вследствие повышения температуры начала клейстеризации, а следовательно, и степени клейстеризованности крахмала, от которой очень сильно зависит его атакуемость β -амилазой.

Влияние соли на белково-протеиназный комплекс муки имеет в процессе приготовления теста и хлеба очень большое значение.

Гортнер еще в 1929 г. отмечал, что поваренная соль влияет на процесс «растворения» (точнее, пептизации) белков. Повышение концентрации соли до определенного предела способствует увеличению степени гидратации пептизируемого белка. Дальнейшее увеличение концентрации соли действует уже в обратном направлении, вызывая дегидратацию белка.

Наши работы (1935), а также последующие работы, проведенные в УкрНИИППе и КТИППе, показали, что малые добавки соли (до 1,5—2% к массе муки в тесте) увеличивали влагоемкость клейковины и количество сырой клейковины, отмываемой из теста растворами соли соответствующей концентрации. По структурно-механическим свойствам клейковина становилась слабее (увеличивалась растяжимость и расплываемость клейковины, уменьшалась длительность выпрессовывания на пластометре). Очевидно, в этих концентрациях соль увеличивала гидратацию клейковинных белков и их набухание, приводящее к их ослаблению по структурно-механическим свойствам.

При более высоких концентрациях соли наблюдалась обратная картина — гидратация клейковинных белков снижалась, количество отмываемой сырой клейковины уменьшалось, клейковина структурно уплотнялась и по структурно-механическим свойствам становилась сильнее. Следовательно, при более высоких концентрациях действие соли на клейковинные белки было уже дегидратирующим.

Протеолиз в опарах и тесте в результате добавок соли тормозится.

Влияние соли на структурно-механические свойства теста установлено как производственной практикой, так и исследовательскими работами.

¹ Значения pH опар, теста и других полуфабрикатов хлебопечного производства находятся в этих пределах.

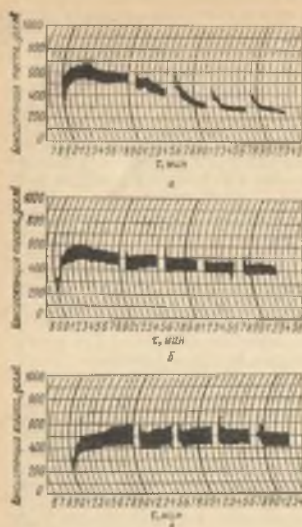


Рис. 19. Фаринограммы брожения теста:
а — из муки, воды и дрожжей; б — из муки, воды,
дрожжей и 1% соли; в — из муки, воды, дрож-
жей и 5% соли (к массе муки в тесте)

ва теста к концу его брожения, т. е. к моменту пуска на разделку, при добавлении соли в тесто существенно улучшаются.

Влияние соли на бродильную микрофлору теста также весьма существенно. В приготовлении пшеничного теста ведущая роль принадлежит спиртовому брожению, вызываемому дрожжами.

В ряде работ изучалось влияние концентрации соли в питательной среде на размножение дрожжей.

В отдельных работах отмечалось, что небольшие концентрации соли в питательных средах (в том числе и в опаре) — до 0,5% к массе муки в тесте — несколько стимулировали размножение обычных, не адаптированных к содержанию соли хлебопекарных дрожжей.

В КТИППе установлено, что в тесте, которое готовилось на прессованных или жидких дрожжах, внесение соли (от 0,5 до 2% к массе муки) вызывало снижение интенсивности размножения дрожжей за 6 ч брожения теста, уже заметное даже при минимальном (0,5%) количестве добавляемой соли. Сниже-

На рис. 19 приведены фаринограммы 4-часового брожения теста из муки с добавлением 57,7% воды, 3% дрожжей и соли в количестве: 0; 1; 5% (к массе муки в тесте).

Как видно из приведенных фаринограмм, внесение 1% соли и увеличение количества соли в тесте до 5% к массе муки вызывает:

1) снижение консистенции теста, достигаемой при замесе и в первые часы брожения теста, и резкое повышение ее в последующие часы брожения;

2) резкое уменьшение разности между максимальной и конечной консистенцией теста как за время замеса и отдельных обминков, так и за все время опыта;

3) повышение эластичности теста, особенно заметное при увеличении длительности брожения теста;

4) замедление достижения как максимальной консистенции, так и максимальной эластичности теста.

Таким образом, структурно-механические свойства

ина интенсивности размножения дрожжей при внесении соли было значительно большим в тесте, приготовленном на жидких дрожжах. Так, например, внесение в тесто 1,5% соли снижало интенсивность размножения дрожжей в тесте на прессованных дрожжах на 33%, а в тесте на жидких дрожжах — на 78%.

Следует отметить, что начальное содержание дрожжевых клеток, внесенных в тесто с жидкими дрожжами, было почти в 5 раз меньше их количества, вышедшего в виде прессованных дрожжей (соответственно 18,7 и 89,1 млн./г). В то же время в тесте без добавления соли через 6 ч количество дрожжевых клеток при присоединении жидких дрожжей было даже выше, чем при применении прессованных (соответственно 127,5 и 123,7 млн./г).

Несколько по-другому может действовать добавление соли на хлебопекарные дрожжи отдельных рас, предварительно адаптированных к присутствию соли в питательной среде. Есть работы, указывающие на то, что размножение таких адаптированных дрожжей (например, расы КДС и Бн) при наличии в питательной среде определенных количеств соли происходит даже несколько интенсивнее.

Есть и работа (КТИПП, 1960), в которой было констатируется, что добавление соли несколько тормозило размножение и адаптированных дрожжей расы КДС.

В технологии приготовления пшеничного теста, особенно на прессованных дрожжах, влияние соли на бродильную активность дрожжей имеет первостепенное значение.

Установлено (МТИП, 1935), что в тесте с 1% прессованных дрожжей (подъемная сила 84 мин) внесение соли снижало интенсивность спиртового брожения, характеризующуюся по количеству CO_2 , выделившегося за 3,5 ч брожения. Степень снижения газообразования (а %) была следующей: при добавлении 1% соли — 4,6; при 1,5% — 19; при 3% соли — 53 и при 5% соли — 94.

В еще большей степени добавление соли снижало газообразование в тесте с дрожжами, вышедшими плохую подъемную силу (110 мин). При этом внесение в тесто 1,5% соли снижало газообразование уже на 58%.

Очевидно, физиологически ослабленные дрожжевые клетки, плохо по подъемной силе дрожжей имеют и повышенную осмотическую активность, поэтому их жизнедеятельность в тесте угнетается солью в большей степени, чем жизнедеятельность хороших, физиологически активных дрожжей. Это было подтверждено и более поздними исследованиями.

Очень близкие данные для теста с 1% прессованных дрожжей были получены в работах, проводившихся в КТИППе. В этих работах изучалось влияние внесения в тесто соли (от 0,5 до 2%) на газообразование за 6 ч при приготовлении теста с разными количествами дрожжей прессованных (от 0,5 до 5%) или жидких (10, 20 или 40%).

Было установлено, что чем больше дрожжей (прессованных или жидких) вносится в тесто, тем относительно меньше сказывается угнетающее действие добавок соли на брожение. Было также показано, что в тесте той же влажности (45%), которое готовилось на жидких дрожжах, угнетающее действие соли было значительно больше. При повышении влажности теста на жидких дрожжах до 55% угнетающее действие соли на интенсивность брожения было значительно меньше. Если в тесте с 20% жидких дрожжей и влажностью 45% внесение 1,5% соли снижало газообразование на 75%, то при влажности теста 55% оно снижалось всего на 25%.

Внесение в тесто, готовившееся на прессованных дрожжах, добавки 0,5% соли снижало газообразование всего лишь на 4—8%.

Было установлено также, что соль, вносимая в сбраживаемый субстрат, практически не влияет на значимый комплекс ферментов дрожжей, но значительно снижает их каталитическую активность.

Торможение брожения при внесении в тесто соли связано с тем, что чем выше концентрация соли в жидкой фазе теста, тем выше в ней осмотическое давление и тем в большей степени в дрожжевых клетках может происходить плазмолиз. При достаточной высокой концентрации соли, например при внесении в тесто соли

в количестве 5% и более к массе муки, спиртовое брожение в тесте практически не происходит.

Исходя из того, что и обычно применяемые дозировки соли (~1,5% к массе муки в тесте) существенно снижают интенсивность размножения дрожжей и особенно вызываемого ими брожения, в мировой практике хлебопечения было принято при опарном способе приготовления теста вносить соль не в опару, а в тесто. При приготовлении теста из жидких дрожжей опарным и безопарным способом соль также вносили только при замесе теста.

При приготовлении же теста для отдельных сортов хлебных изделий с повышенным содержанием соли (2,5% к массе муки) соль было принято вносить даже не при замесе теста, а после того, как оно уже было частично выброжено.

Однако в литературе имеются сведения о наличии в зерне и муке протамины пуротинина, способного тормозить брожение, вызываемое дрожжами. Установлено, что токсическое действие этого вещества на дрожжи нейтрализуется некоторыми солями, в том числе и хлоридом натрия. Исходя из этого, а также стимулирующего действия малых концентраций соли на размножение дрожжей, можно предполагать целесообразность внесения хотя бы части соли, идущей на приготовление теста, в опару.

Это подтверждается опытами, проводившимися в 1954—1955 гг. на кафедре технологии хлебопечения МИИППа. В лабораторных и затем производственных условиях было показано, что внесение части соли в опару положительно влияет как на ход процесса приготовления опары и теста, разделки теста, так и на качество хлеба.

Внесение части соли не только в опару, но и в жидкие дрожжи, на которых готовится тесто, было в 1956 г. предложено В. М. Донченко и В. В. Кузьменко. Ими показано, что при этом уменьшается пенообразование и даже улучшается и стабилизируется подъемная сила дрожжей. Объем хлеба увеличивался, что приводило к соответствующему сокращению длительности выпечки.

Внесение части соли в жидкие дрожжи (0,3% к их массе с заквашенной заваркой и 0,5% в жидких дрожжах) и в опару (0,7% к массе опары, включая и соль, содержащуюся в жидких дрожжах) было внедрено уже с 1956 г. на хлебозаводах Краснодарского края. Этот способ начали применять и на хлебопекарных предприятиях других районов нашей страны. В связи с этим вопрос о целесообразности внесения соли не только в тесто, но и в предшествующие ему полуфабрикаты (опару, жидкие дрожжи и др.) стал объектом широкой дискуссии и ряда исследований.

Исследования, проводившиеся в КТИППе, дополнительно уточнили, что соль в жидких дрожжах, опаре и тесте тормозит жизнедеятельность не только дрожжей, но и кислотообразующих бактерий, в связи с чем добавление соли тормозит и кислотонакопление в этих фазах. В то же время технологические преимущества внесения соли не только в тесто, но и в предшествующие ему жидкие полуфабрикаты подтвердились. Была отмечена большая стабиль-

ность жидких дрожжей и опар при внесении в них малых количеств соли, большая устойчивость к колебаниям времени брожения и температурным условиям, лучшие структурно-механические свойства теста и меньшая чувствительность к колебаниям в длительности расстойки. Было отмечено и улучшение качества хлеба.

Концентрация соли в жидкой фазе теста, опары или других полуфабрикатов является одним из факторов, обуславливающих ее влияние на биохимические, коллоидные и микробиологические процессы в этих объектах.

При рассмотрении влияния соли на отдельные из этих процессов было отмечено, что в более жидких (по соотношению муки и воды) полуфабрикатах, например опарах, отрицательное действие тех же добавок соли проявлялось в меньшей степени, чем в более густых.

Для жидкой фазы, естественно, выше в тесте или других полуфабрикатах с более высокой влажностью. Вода, адсорбированная коллоидами твердой фазы теста, не может участвовать в растворении соли. Поэтому чем больше в тесте доля жидкой фазы, тем больше в нем воды, способной растворить соль, и тем ниже концентрация соли в жидкой фазе теста, вносимой в тесто в одном и том же количестве. Это относится и к сахару, если он вносится в тесто, и к водорастворимым компонентам муки, вносимой в тесто, в том числе и минеральным солям и сахарам муки.

Если для примера взять случай приготовления пшеничного теста с влажностью около 45% из 100 г муки, 55 мл воды и 1,5 г соли, то можно принять, что компонентами твердой фазы теста только адсорбиционно будет связано около 20 мл воды. Тогда в растворяемой соли в тесте будет участвовать 35 мл воды и концентрация соли в воде жидкой фазы теста будет равна 4,1%. Если считать концентрацию соли на всю воду, внесенную в тесто, то для нашего примера она была бы равна только 2,7%.

В этом расчете мы исходили из того, что вся соль, вносимая в тесто, или опару, или другой полуфабрикат, будет находиться в воде жидкой фазы теста в растворенном состоянии. Исследованиями, проведенными И. М. Ройтером и Г. И. Берзиной, установлено, что часть соли, очевидно, связывается в водно-мучных смесях белками, крахмалом и, возможно, другими компонентами муки.

Установление самого факта связывания части соли, вносимой в тесто, компонентами муки следует, очевидно, учитывать в дальнейших исследованиях вопроса о роли соли в процессах приготовления теста.

Подводя итог рассмотрению вопроса о влиянии соли на отдельные процессы, происходящие при приготовлении теста, можно сделать следующее заключение:

- а) при кислотности, обычной в тесте, опаре и других полуфабрикатах, добавление соли несколько снижает активность амилазы;
- б) добавление соли несколько снижает атакуемость крахмала амилазами и повышает температуру начала его клейстеризации;
- в) на клейковинные белки муки в тесте соль в невысоких концентрациях (до 1—1,5% в жидкой фазе) действует в направлении повышения их гидратации и в связи с этим ослабления клейковины по ее структурно-механическим свойствам. Более высокие концентрации соли вызывают уже дегидратацию и уплотнение клейковины и улучшение ее структурно-механических свойств (усиление клейковины);
- г) протекция при добавках соли в тесто или опару тормозится;

д) структурно-механические свойства теста, особенно к концу его брожения, при добавлении соли существенно улучшаются, хотя непосредственно после замеса тесто с добавками соли несколько слабее по консистенции;

е) концентрация соли выше 1—1,5% снижает интенсивность размножения дрожжей, особенно в тесте, которое готовится на жидких дрожжах;

ж) спиртовое брожение, характеризующееся по газообразованию в опаре и тесте, при добавлении соли замедляется и при высоких концентрациях соли (например, 5% и более к массе муки в тесте) практически прекращается;

з) жизнедеятельность кислотообразующих бактерий при добавках соли тормозится, в связи с чем снижается и скорость кислото-накопления;

и) чем больше воды в водно-мучной смеси, тем менее интенсивно проявляется действие одного и того же количества внесенной соли на перечисленные процессы.

Исходя из сказанного выше, можно объяснить причины различий в свойствах теста, ошибочно приготовленного в одном случае совсем без соли, а в другом случае с удвоенной ее дозировкой (3% к массе муки).

В тесте без соли брожение происходит значительно более интенсивно. При этом к концу брожения теста в нем остается значительно меньше несброженных сахаров. За период брожения структурно-механические свойства теста без соли в результате более интенсивного протеолиза значительно ухудшаются и оно становится значительно более жидким по консистенции и липким. Такое тесто с трудом проходит через округлительные и закаточные машины, замазывая поверхности их рабочих органов. Оно обладает пониженной газо- и формоудерживающей способностью. При расстойке тестовые заготовки для подовых изделий быстро и сильно расплываются и прилипают к матерчатым чехлам лозек конвейерного шкафа для расстойки. При выпечке тестовые заготовки также сильно расплываются и подовые изделия получаются плоскими, с малым отношением высоты к диаметру (или к ширине).

Ввиду того что к моменту выпечки в тесте остается недостаточное количество несброженных сахаров, корка изделий относительно слабо окрашена.

В тесте с удвоенной дозировкой соли брожение происходит с примерно вдвое меньшей интенсивностью. Структурно-механические свойства теста за период его брожения изменяются очень мало. Тесто к моменту пуска на разделку остается значительно более «крепким» (густым) по консистенции, упругим и нелипким. Такое тесто очень хорошо проходит через тесторазделочное оборудование. Расстойка идет значительно медленнее, причем тестовые заготовки очень мало расплываются. Это же явление наблюдается и при выпечке подовых изделий, которые получаются очень округлыми, иногда с подрывами у боковой корки и со значительно более интенсивно окрашенной коркой. Последнее обусловлено тем, что в тесте

к моменту посадки тестовых заготовок в печь остается значительно больше несброженных сахаров, необходимых для образования меланоидинов, придающих корке окраску.

На рис. 20 приведена фотография подовых хлебов из теста без соли и с 1,5 и 3% соли, показывающая влияние соли на форму, объем и окраску корки подового хлеба.



Рис. 20. Подовые хлебы из теста с различным содержанием соли: а — 0%; б — 1,5%; в — 3%

ЖИРЫ КАК КОМПОНЕНТ ТЕСТА

Вид и количество жировых продуктов, вносимых в тесто для отдельных сортов пшеничного хлеба, булочных и сдобных изделий, сдобных сухарей и бараночных изделий, установлены в утвержденных для них рецептурах.

Виды применяемых в хлебопечении жировых продуктов. Принятые у нас в стране рецептуры на отдельные сорта перечисленных групп изделий из пшеничной муки предусматривают внесение в тесто от 0 до 20—30% жира. Для большинства изделий предусмотрено применение маргарина, для некоторых видов сдобных изделий — животного масла и для горчичного хлеба и горячих баранок — растительного горчичного масла. Наряду с этими жировыми продуктами в нашей стране создан, производится и применяется также и жидкий жир хлебопекарного назначения (о нем см. в главе IV).

В США, Англии и ряде других стран для применения при производстве хлеба и сдобных хлебных изделий, а также отдельных видов мучных кондитерских изделий готовятся специальные пластичные жиры, называемые шортенингами (Shortenings).

Над созданием и применением в хлебопечении специального жидкого хлебопекарного жира с мелкокристаллической фазой в нем работают и в Чехословакии.

На необходимость присутствия в хлебопекарном жире определенных количества твердой фазы или твердого жира с относительно высокой температурой плавления указывается в ряде работ.

В связи с этим не только в исследованиях, но и в практике хлебопечения США растительные масла, животные жиры, например расплавленный лярд, или гидрогенизированные жиры для улучшения качества хлеба вносились в тесто в смеси с определенным количеством эмульгатора и твердых, плавящихся при относительно высокой температуре хлопьев или чешуек из соответственно гидрогенизированного хлопкового масла.

Влияние жировых продуктов на свойства теста и хлеба. Внесение жиров в тесто для хлеба, хлебобулочных и других изделий из пшеничной муки влияет на свойства теста и на ряд показателей

качества, пищевой и потребительской ценности готовых изделий. Жиры имеют примерно в 2 раза более высокую энергетическую ценность, чем белки и углеводы. Их наличие в хлебе придает ему специфический вкус и аромат, присущий слоистому хлебу. Объем хлеба увеличивается, структура и структурно-механические свойства мякиша хлеба при этом улучшаются, хлеб медленнее черствеет.

Таким образом, добавление в тесто жира повышает пищевую и потребительскую ценность хлеба.

Однако добавление в тесто даже небольших количеств (порядка 0,5%) жира, практически мало оказывающееся на энергетическую ценность, вкус и аромат хлеба, существенно влияет на свойства теста, на его состояние при прохождении через тесторазделочное оборудование, при расстойке и особенно в первом периоде процесса выпечки.

Это говорит о большом технологическом значении добавления жира в тесто.

Напомним, что пшеничная мука сама содержит около 2% липидов (триглицеридов, ди- и моноглицеридов, жирных кислот, фосфолипидов и гликолипидов). Из этого количества в связанном состоянии находится от 20 до 30%. Именно эти связанные липиды, и в первую очередь фосфолипиды, входящие в макроструктуру белка клейковины, наиболее существенно влияют на структурно-механические свойства клейковинного состава в тесте, на структурно-механические свойства теста и, следовательно, на хлебопекарные свойства (силу) муки и качество хлеба.

Существенно также вспомнить, что примерно три четверти жирных кислот липидов зерна представлены ненасыщенными кислотами, в том числе примерно половина — линолевой кислотой.

Установлено, что замес теста резко повышает долю связанных липидов (примерно с 30% в муке до 90% и более в тесте). При этом в первую очередь клейковинными белками связываются фосфолипиды.

Как же можно представить действие жиров, вносимых в тесто при его замесе, на процессы, происходящие при приготовлении и разделке теста и выпечке хлеба?

Прежде всего надо отметить, что не только липиды самой муки, но и жиры, вносимые в тесто при его замесе, в значительной части связываются с белками, крахмалом и, возможно, другими компонентами твердой фазы теста. Часть жира, находящегося в тесте в жидком состоянии, может находиться в виде мельчайших жировых капелек в состоянии эмульсии в жидкой фазе теста.

В отдельных работах отмечается, что жиры или твердые фракции жирового продукта с температурой плавления выше температуры теста не связываются с компонентами твердой фазы теста, а остаются в нем в виде твердых частиц, которые начинают плавиться лишь при нагреве ВТЗ в процессе выпечки.

Внесение жира в тесто влияет на его структурно-механические свойства. Частично это связано со «смазывающими» свойствами жира, облегчающими относительное скольжение структурных ком-

понентов теста и его белкового каркаса и включенных в него зерен крахмала. Полагают, что благодаря этому увеличивается способность клейковинных пленок губчатого клейковинного каркаса теста растягиваться без разрыва под давлением растущих в объеме газовых пузырьков. Это может иметь следствием повышение газодерживающей способности теста.

Внесение в тесто жиров, особенно находящихся в жидком состоянии, делает тесто несколько более жидким по консистенции. В то же время липкость теста уменьшается и тесто с добавками жира лучше проходит через рабочие органы тесторазделочного оборудования.

Внесение в тесто жировых продуктов с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот, которые могут под действием липоксигеназы муки превращаться в пероксидные соединения, может усиливать окисление в тесте сульфгидрильных групп белково-протеиназного комплекса муки и этим улучшать структурно-механические свойства теста.

Выше было отмечено, что внесение значительных количеств жира (10% и более к массе муки) заметно снижает бродительную активность дрожжей и интенсивность газообразования в тесте. Поэтому и расстойка тестовых заготовок со значительными добавками жира идет значительно медленнее.

Работами английских исследователей было показано, что очень небольшая добавка в тесто жира, имеющего температуру плавления, превышающую температуру теста, практически не влияет на структурно-механические свойства теста и на состояние тестовых заготовок в стадии окончательной расстойки теста. Улучшающее качество хлеба влияние этой добавки начинает проявляться только в процессе выпечки, когда тесто в результате прогрева достигает температуры, при которой внесенный жир расплавляется. Это влияние состоит в том, что прирост объема тестовой заготовки в первом периоде процесса выпечки происходит интенсивнее и в течение более длительного времени, чем у изделий без добавки жира. В результате и объем хлеба с добавкой такого жира значительно больше, чем у контрольного хлеба. Очевидно, жир улучшает на этой стадии процесса газодерживающую способность теста и в то же время замедляет образование на поверхности выпекаемой тестовой заготовки твердого обезвоженного слоя — корочки.

Это еще раз подтверждает необходимость и целесообразность наличия в жидких хлебопекарных жировых продуктах твердой кристаллической фазы, имеющей температуру плавления более высокую, чем температура теста до начала процесса выпечки.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что степень улучшения качества хлеба от добавки определенного количества жира зависит не только от его вида и свойств, но и от того, в каком состоянии он вносится в тесто. Рядом работ показано, что внесение жира в тесто в виде тонкодисперсной эмульсии в воде с применением соответствующего пищевого эмульгатора заметно повышает улучшающее действие жира на качество хлеба.

САХАР КАК КОМПОНЕНТ ТЕСТА

Количество сахара, вносимого в тесто, для разных сортов хлеба, булочных, сдобных, бараночных и других изделий определено в рецептурах, утвержденных для них.

Рецептуры на отдельные сорта хлеба и другие виды изделий из пшеничной муки предусматривают внесение в тесто сахара в количестве от 0 до 30% к массе муки. Для ряда сортов пшеничного хлеба из муки обойной, II и I и даже высшего сортов, для простых батонов из муки II и I сортов предусмотрено приготовление теста без добавления в него сахара.

На спиртовое брожение и газообразование в тесте добавление относительно небольших (до 10% к массе муки) количеств сахара влияет стимулирующе. Это объясняется тем, что сахар в тесте быстро инвертируется с образованием глюкозы и фруктозы, предпочтительно сбраживаемых дрожжевыми клетками. Добавление больших количеств (30%) сахара уже резко снижает газообразование или даже практически приостанавливает его (при добавках 40—50% сахара).

Связано это с тем, что повышение концентрации сахара в жидкой фазе теста увеличивает у нее осмотическое давление и вызывает плазмолиз дрожжевых клеток. В этом отношении действие сахара аналогично действию соли. Следует лишь иметь в виду, что сахар повышает осмотическое давление в жидкой фазе теста примерно в 6 раз меньше, чем такое же количество соли. Поэтому торможение брожения в тесте, замесное уже при небольших добавках соли, происходит при внесении в тесто сахара лишь в значительно больших количествах.

На набухшие белки клейковинного каркаса в тесте сахар оказывает дегидратирующее действие. Вследствие этого по консистенции тесто с сахаром после его замеса несколько более жидкое по сравнению с тестом без сахара. Это и учитывается при определении количества воды, вносимой в тесто при добавлении сахара и жира.

В связи с тормозящим брожение действием высоких концентраций сахара брожение теста до разделки и расстойки тестовых заготовок на такого теста, содержащего обычно и значительные количества жира, происходит медленнее и поэтому длительнее. Следовательно, если рецептурой предусмотрено значительное количество сахара и жиров, тормозящих брожение теста, то эти компоненты надо вносить не при замесе, а после некоторого времени брожения теста.

Операция внесения жира и сахара (объединяемых производственным термином «сдоба») в почти выброженное тесто носит название отсдобки теста. При этом наряду с жиром и сахаром приходится вносить соответствующее количество муки, с тем чтобы консистенция теста была нормальной.

Добавки в тесто сахара, производящиеся обычно в сочетании с добавками жира, делают хлеб более сладким по вкусу, улучшают структуру и структурно-механические свойства мякиша хлеба. Вследствие увеличения содержания в тесте сахара, не сброженного к моменту начала выпечки, такой хлеб имеет обычно более интенсивно окрашенную и зарумяненную корку.

ТЕМПЕРАТУРА ТЕСТА

Температура является одним из основных факторов, с помощью которых технолог регулирует ход технологического процесса приготовления теста. Изменение температуры влияет на ферментативные, микробиологические и коллоидные процессы, происходящие в опаре и тесте.

Большое влияние температура опары и теста оказывает на микрофлору теста и ее жизнедеятельность.

Интенсивность брожения опары и теста и накопление в них кислот зависит от их температуры.

Скорость коллоидных процессов (набухания, клейстеризации, пептизации и др.), происходящих в тесте, также в значительной мере зависит и от его температуры.

Если оставить в стороне специфические процессы приготовления заварки и жидких дрожжей и ограничиться рассмотрением температур, при которых приготавливают пшеничную опару и тесто, то можно констатировать, что для этих фаз на производстве обычно применяется температура 25—32°C.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОПАРЫ И ТЕСТА НА МИКРОФЛОРУ ТЕСТА

Следует иметь в виду, что оптимальная температура размножения хлебопекарных дрожжей лежит на уровне 25°C, в то время как оптимальная температура спиртового брожения — около 35°C. Влияние различной температуры опары и теста на газообразование в опаре и в безопарном тесте можно характеризовать данными, приведенными в табл. 15.

Чем выше в пределах до 35—40°C температура опары или теста, тем более благоприятны температурные условия для жизнедеятельности кислотообразующих бактерий теста. Поэтому повышение температуры опары или теста обычно влечет за собой усиленное нарастание в них кислотности.

Таблица 15

Длительность брожения, ч	Газообразование, мл							
	в опаре из муки, 80% воды, 1% дрожжей при температуре, °C				в тесте из муки, 60% воды, 3% дрожжей и 1,25% соли при температуре, °C			
	25	30	35	40	25	30	35	40
1	20	50	125	130	40	85	130	130
2	50	110	245	190	90	180	30	200
3	95	180	325	240	170	300	310	260
4	165	310	405	280	—	—	—	—
5	240	460	475	320	—	—	—	—

Наблюдения показали, что скорость кислотонакопления (градус в час) в безопарном тесте из пшеничной муки I сорта (с внесением в тесто 3% дрожжей и 2,5% сахара) была равна: при 25°C — 0,47; при 30°C — 0,53; при 35°C — 0,63 и при 40°C — 0,8.

Скорость кислотонакопления (градус в час) в опаре из этой же муки (с внесением 1% дрожжей от массы всей муки в опаре и тесте) была равна: при 25°C — 0,27, при 30°C — 0,32, при 35°C — 0,47 и при 40°C — 0,52.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕСТА НА ЕГО СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

В результате повышения температуры снижается упругость клейковины и увеличивается ее растяжимость и расплываемость. Особенно ухудшается при повышении температуры качество слабой клейковины.

В табл. 16 приведены данные, характеризующие влияние температуры на структурно-механические свойства клейковины, отмытой из сильной и средней по силе муки и отслаивавшейся в течение часа в воде при различной температуре.

Таблица 16

Показатели свойств клейковины	Клейковина из муки					
	сильной при температуре, °C			средней по силе при температуре, °C		
	25	30	35	25	30	35
Время впитывания по пластиметру, мин	5,7	2,6	1,9	1,2	0,9	0,5
Расплываемость 10 г за 60 мин, см	27,2	38	32,5	30,2	32,5	33
Растяжимость 5 г, см	21	26	28	29	31	34

Повышение температуры теста в пределах 25—35°C влечет за собой ухудшение его структурно-механических свойств.

На рис. 21 приведены фаринограммы 4-часового брожения теста из муки, воды, 1% соли и 2% дрожжей. Эти фаринограммы указывают на то, что при повышении температуры теста резко ухудшаются его структурно-механические свойства. Снижается как максимальная начальная, так и конечная (после брожения) консистенция теста и увеличивается степень его разжижения в процессе брожения.

Таким образом, повышение температуры теста ослабляет его или клейковину, а понижение усиливает.

Объясняется это тем, что при повышении температуры теста увеличивается скорость процессов набухания и пептизации коллоидов муки. Повышается также активность ферментов теста. Поэтому повышенную температуру теста можно рекомендовать только

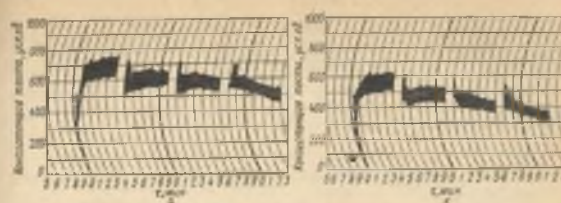


Рис. 21. Фаринограммы брожения теста:
а — при температуре 25°C; б — при температуре 35°C

при приготовлении его из сильной муки. Тесто из слабой муки, напротив, целесообразно готовить при более низкой температуре.

Повышение температуры теста (в пределах до 35°C) форсирует также спиртовое и кислотное брожение в нем.

ФАКТОРЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ ТЕМПЕРАТУРУ ТЕСТА И ПРЕДШЕСТВУЮЩИЕ ЕМУ ФАЗЫ

Методы расчета температуры воды, обеспечивающей в производственных условиях необходимую температуру теста, изложены в сборнике технологических инструкций [35, с. 15] и лабораторном практикуме [27]. Поэтому здесь мы ограничимся лишь краткой характеристикой показателей и факторов, которые следует учитывать при расчете.

1. Нужно знать соотношение в тесте количества (массы) основного и дополнительного сырья, его температуру при внесении в тесто или предшествующую ему фазу и их удельную теплоемкость.

Основными по количеству в тесте видами сырья являются мука и вода. Удельная теплоемкость воды равна 4,186 кДж/(кг·К), муки — примерно в 2,5 раза выше, чем у сухого вещества муки. Поэтому чем выше влажность муки, тем выше и ее удельная теплоемкость.

2. Следует учитывать также и то, что при замесе теста (или опары) частицы муки, приходя в соприкосновение и взаимодействие с водой, выделяют известное количество теплоты гидратации, что вызывает соответствующее повышение температуры теста (или опары).

3. При замесе теста, особенно на тестомесильных машинах интенсивного действия, часть механической энергии, затраченной на замес, превращается в тепловую, что также соответственно повышает температуру теста. Поэтому тестомесильные камеры механических машин интенсивного действия оснащаются охлаждающими устройствами.

4. Следует также учитывать и температурные условия в тестоприготовительном цехе предприятия, в свою очередь зависящие от климатических условий, сезона года и погодных условий. При отсутствии эффективного кондиционирования и стабильности температуры в тестоприготовительном цехе в наиболее холодные периоды приходится на 1—3°C повышать температуру теста по сравнению с расчетно-необходимой.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЖИДКИХ ДРОЖЖЕЙ И ЗАКВАСОК

Для приготовления пшеничного теста на хлебопекарных предприятиях нашей страны наряду с прессованными дрожжами или вместо них широко применяются жидкие дрожжи или пшеничные жидкие закваски, приготовляемые непосредственно на хлебопекарных предприятиях.

Детальное описание процесса и отдельные вопросы технологии и техники приготовления жидких дрожжей и заквасок изложены в соответствующих технологических инструкциях, справочнике [20] и специальной литературе [29 и др.]. В этом разделе будут кратко рассмотрены лишь технологически наиболее существенные отличия основных схем приготовления жидких дрожжей и пшеничных жидких заквасок, принятых в нашей хлебопекарной промышленности.

Под наименованием жидкие дрожжи принято понимать полуфабрикат, приготовляемый по рациональной схеме, предложенной А. И. Островским. Эта схема предусматривает на первой стадии сбраживание водо-мучной заварки при 48—54°C термофильными молочнокислыми бактериями. На второй стадии сбраживания заварка с высоким содержанием молочной кислоты, охлажденная до 28—30°C, уже в другой емкости используется в качестве питательной среды для размножения в ней дрожжей.

Жидкие полуфабрикаты, при приготовлении которых в питательной среде (осахаренной заварке или водно-мучной смеси) при 28—30°C одновременно размножаются и нетермофильные молочнокислые бактерии и дрожжи, принято называть жидкими заквасками (сокращенно ПшЖЗ).

В производственном цикле от готовых жидких дрожжей или ПшЖЗ определяется их часть, отбирается для приготовления теста, после чего в них вносится такое же количество соответствующей питательной среды. После определенного периода от вновь пришедших в состояние готовности жидких дрожжей или ПшЖЗ часть их вновь отбирается для приготовления теста, добавляется соответствующее количество питательной среды и т. д.

В начале развозочного цикла приготовления жидких дрожжей в порцию заварки вносится предварительно размноженная культура термофильных молочнокислых бактерий, а затем в заквашенную заварку, охлажденную до 28—30°C, — предварительно размноженная культура дрожжей.

При приготовлении ПшЖЗ в начале развозочного цикла в порцию питательной среды одновременно вносят предварительно размноженные культуры соответствующих нетермофильных молочнокислых бактерий и дрожжей.

РАЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЖИДКИХ ДРОЖЖЕЙ

А. И. Островским в 1936 г. было предложено применение термофильных молочнокислых бактерий Дельбрюка для накопления кислотности в заквашиваемой заварке — питательной среде для размножения дрожжей — с целью последующего регулирования кислотности теста, приготовленного на этих дрожжах.

Бактерии Дельбрюка являются типичными термофильными молочнокислыми бактериями. Температурный оптимум кислотообразования для них лежит в пределах 48—54°C.

Очень существенно то, что при обычной для брожения теста температуре 28—30°C образование кислот этими бактериями практически прекращается.

Важно также то, что образуемая бактериями Дельбрюка молочная кислота почти полностью подавляет всю нежелательную бактериальную (в том числе и нетермофильную) кислотообразующую микрофлору заквашиваемой заварки. Исходя из этого, А. И. Островский и предложил при приготовлении жидких дрожжей применять в качестве питательного субстрата мучную заварку, предварительно заквашенную с помощью термофильных бактерий Дельбрюка.

В связи с этим было предложено раздельное приготовление и ведение двух фаз: 1) заварки, заквашиваемой при 48—54°C термофильными молочнокислыми бактериями, и 2) собственно жидких дрожжей — заквашенной заварки, охлажденной до 28—30°C, в которой происходит размножение дрожжей.

Детальное описание приготовления жидких дрожжей по рациональной схеме приводится в соответствующих руководствах. Ниже приводится лишь очень краткое ее описание.

Для приготовления заквашенной заварки применяется осахаренная¹ мучная заварка (1:4), предварительно охлажденная до 52—54°C. В эту заварку вносится предварительно размноженная чистая культура термофильных молочнокислых бактерий Дельбрюка².

В течение 12—14 ч заквашивания при температуре заквашиваемой заварки 48—54°C в ней происходит размножение бактерий Дельбрюка и в то же время накапливается достаточное количество молочной кислоты. Кислотность ее достигает примерно 10 град. При этом заквашенная заварка готова для использования в качестве питательной среды для отдельно ведущихся жидких дрожжей.

¹ В последующем А. И. Островский считал возможным и целесообразным применение неосахаренной закваски, исходя из того, что процесс ее осахаривания может быть совмещен с процессом заквашивания.

² Можно использовать и принцип спонтанного заброживания затора, используя вместо чистой культуры бактерий Дельбрюка небольшое количество мучной муки II сорта, всегда содержащей и эти термофильные молочнокислые бактерии.

Для этого часть ее путем разведения холодной водой охлаждается до 28—30°C, после чего она перекладывается в дрожжевой чан, где в нее вносятся размноженная чистая культура дрожжей. Заквашенная же заварка пополняется соответствующим количеством незаквашенной заварки. Примерно за 8 ч в дрожжевом чане, периодически пополняемом заваркой, накапливается достаточное количество бродильноактивных дрожжевых клеток, и жидкие дрожжи готовы к употреблению. Тогда часть (допустим, 25%) готовых жидких дрожжей отбирается для приготовления опары или теста. Затем в дрожжевой чан перекладывается соответствующее количество заваренной заварки, охлажденной до 28—30°C.

В чан для заквашивания после этого подается соответствующее количество заварки, охлажденной до 52—54°C. Через 2 ч производится очередной отбор 25% готовых жидких дрожжей с соответствующим пополнением дрожжевого чана охлажденной заваренной заваркой, а заквашивательного чана — заваркой.

Готовые жидкие дрожжи имеют влажность 86—88%, титруемую кислотность от 10 до 12 град и подъемную силу (по всплыванию шарика теста) от 15 до 25 мин. При этом в них содержится около 0,6% молочной кислоты.

Поэтому бактериальная флора жидких дрожжей представлена почти исключительно термофильными бактериями Дельбрюка.

Это создает благоприятное положение, при котором молочная кислота жидких дрожжей улучшает структурно-механические свойства теста и вкусовые качества хлеба; при этом исключается повышенная кислотность, обычная для теста, приготовляемого на жидких заквасках. Последнее объясняется тем, что термофильная кислотообразующая бактериальная микрофлора жидких дрожжей при температуре брожения теста (около 30°C) кислоты практически не образует.

В 1979—1980 гг. во ВНИИХП (Р. Д. Поланова и др.) и в МТИП (Л. А. Почевская и др.) была разработана усовершенствованная радиоуправляемая схема производства жидких дрожжей для приготовления на них пшеничного теста по ускоренной технологии с интенсивным замесом теста. Жидкие дрожжи по этой схеме с целью повышения их биологических и технологических свойств готовятся с комплексным применением минеральных питательных веществ, ферментных препаратов и аэрации.

Над этими вопросами работает и Воронежский технологический институт (П. Я. Мазур и др.).

СХЕМА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПШЕНИЧНОЙ ЖИДКОЙ ЗАКВАСКИ ЛЕНИНГРАДСКАЯ-4

Приготовление пшеничной жидкой закваски ПшЖЗ по этой схеме (Л-4) производится в основном следующим образом.

В развозочном цикле в питательную среду, состоящую из осажаренной мучной заварки (53%), воды (29,6%), муки (17%) и препарата смеси минеральных солей (0,5%), вносят предварительно размноженные чистые культуры дрожжей и термофильных (мезофильных) кислотообразующих бактерий.

За 5,5—7 ч брожения при 29°C в этой смеси накапливается достаточное количество указанных бродильных микроорганизмов.

После этого одну четверть готовой ПшЖЗ отбирают для приготовления опары и теста, а в оставшееся количество добавляют питательную среду, состоящую из осажаренной заварки (43%), воды (43%), муки (13,5%) и смеси минеральных солей (0,5%).

Через 1,75—2,5 ч брожения при 29°C ПшЖЗ опять готова к употреблению. Снова производится отбор 25% и пополнение таким же количеством питательной смеси в т. д. Таким образом, полное обновление массы ПшЖЗ происходит за 7—10 ч.

Для этой схемы приготовления ПшЖЗ характерно, что одновременно вносятся и размножаются чистые культуры дрожжей и нетермофильных кислотообразующих бактерий (процесс приготовления жидкой закваски ведется при 28—30°C).

ПшЖЗ, приготовленные по этой схеме, содержат в бродильно-активном состоянии не только дрожжевые клетки, но и кислотообразующие бактерии, выращенные при 28—30°C, т. е. в температурных условиях, обычных для опары и теста. Поэтому такие ПшЖЗ являются активными возбудителями в тесте не только спиртового, но и кислотного брожения. Это является положительным фактором при приготовлении на ПшЖЗ теста из пшеничной обойной муки, требующего высокой конечной кислотности. При приготовлении же теста из пшеничной сортовой муки, особенно муки высшего и I сортов, высокая кислотообразующая способность ПшЖЗ, приготовленной по схеме Л-4, является уже недостатком.

ДЖАМБУЛСКАЯ СХЕМА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПШЕНИЧНОЙ ЖИДКОЙ ЗАКВАСКИ

В Казахской ССР была разработана так называемая Джамбулская схема приготовления пшеничной жидкой закваски. Эта схема предусматривает выведение закваски на чистых культурах шести штаммов дрожжей вида *Sacch. cerevisiae*, названных Джамбулскими дрожжами Д-1.

Культуры молочнокислых бактерий (МКБ) при выведении закваски не вносятся, а молочнокислое брожение происходит в ней спонтанно, за счет МКБ, внесенных с мукой.

ПшЖЗ, готовящиеся по Джамбулской схеме, используются в Казахстане при приготовлении пшеничного теста.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА НА ЖИДКИХ ДРОЖЖАХ И ПШЕНИЧНЫХ ЖИДКИХ ЗАКВАСКАХ

Пшеничное тесто можно готовить на жидких дрожжах и ПшЖЗ как опарным, так и безопарным способом.

Количество потребных для приготовления теста жидких дрожжей и ПшЖЗ зависит от их качества (подъемной силы), сорта муки, из которой готовится тесто, и способа приготовления теста. Чем лучше по подъемной силе дрожжи и закваски и чем выше сорт (меньше выход) муки, тем меньше потребное их количество.

При приготовлении теста опарным способом количество употребляемых жидких дрожжей и ПшЖЗ (обычно 15—25% от массы

всей муки, идущей на приготовление данной порции теста) меньше того количества, которое употребляется при безопасном способе.

Дрожжи, приготовляемые на закваске заквашенной термофильными молочнокислыми бактериями Дельбрюка, целесообразно применять для приготовления теста из пшеничной муки высшего, I и II сортов, так как их применение гарантирует от нежелательного для хлеба из муки этих сортов повышения кислотности.

ПШЖЗ, приготовленные по схемам, не предусматривающим заквашивание закваски термофильными молочнокислыми бактериями (например, по схеме JI-4), более подходят для приготовления теста из обойной муки.

Следует отметить, что при приготовлении из сортовой пшеничной муки иногда жидкие дрожжи и ПШЖЗ применяют в сочетании с прессованными. При этом соответственно уменьшается дозировка и тех и других.

Более детально отдельные вопросы приготовления жидких дрожжей и заквасок, а также и применения их при приготовлении пшеничного теста изложены в справочнике ([30] с. 129—135) и в соответствующих руководствах ([29] и др.).

РАЗРЫХЛЕНИЕ ТЕСТА ХИМИЧЕСКИМ ПУТЕМ

При разрыхлении теста химическим путем разрыхляющие газы (обычно CO_2 или NH_3 или смесь того и другого) выделяются в результате либо реакции химических соединений или их смесей с водой теста, либо реакций отдельных составных частей этих соединений между собой или под действием тепла в печи.

Этот путь разрыхления теста находит практическое применение только при приготовлении мучных кондитерских изделий.

РАЗРЫХЛЕНИЕ ТЕСТА ФИЗИЧЕСКИМ ПУТЕМ

Еще в 1856 г. в Англии для разрыхления теста был предложен способ непосредственного насыщения теста диоксидом углерода (углекислым газом) под давлением с применением тестомесильной машины специальной конструкции с герметически закрывающейся месильной камерой, соединенной с трубопроводом, по которому под давлением подводится углекислый газ (диоксид углерода), и снабженной клапаном для выпуска замешенного теста.

Этот способ применялся только для пшеничного теста и для хлеба крупного развеса и не нашел широкого распространения.

Отличен от предыдущего способ механического разрыхления теста взбиванием части его. Этот способ, описанный в литературе, состоит в следующем: часть теста (в относительно жидком и холодном состоянии) в течение 5 мин взбивается в специальной взбивальной машине достаточно прочной и тяжелой конструкции. После некоторого перерыва взбитая масса спускается в обычную месильную машину, в которой замешивается тесто, поступающее потом на разделку и выпечку.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ РАЗНЫХ СПОСОБОВ РАЗРЫХЛЕНИЯ ТЕСТА

Из изложенного выше видно, что для получения хлеба или хлебобулочных изделий с пористым, хорошо разрыхленным мякишем возможно использование разных способов разрыхления теста.

Для хлеба и хлебобулочных изделий основным способом является разрыхление теста путем брожения.

Главным преимуществом данного метода является возможность получения хлеба не только хорошо разрыхленного, но обладающего и специфическим приятным вкусом и ароматом. В образовании вкуса и аромата хлеба существенную роль играют основные и побочные продукты спиртового и молочнокислого брожения теста и вещества, получающиеся при их взаимодействии.

Разрыхление теста химическим, физическим и механическим способами также может привести к получению хорошо разрыхленного хлеба. Однако такой хлеб не будет иметь вкуса и аромата, свойственных хлебу из хорошо выброженного теста.

Поэтому при приготовлении хлеба и хлебобулочных изделий основным способом разрыхления теста является брожение. Вместе с тем разрыхление теста брожением имеет ряд существенных недостатков:

1) процесс брожения теста, особенно приготовленного обычным опарным способом, длителен (4—5 ч) и связан с потерей определенного количества сухих веществ муки, сбраживаемых бродильной микрофлорой теста;

2) при значительных количествах жиров и сахара в тесте брожение в нем протекает весьма замедленно, а при известных концентрациях сахара и жиров практически вообще невозможно.

Именно поэтому при приготовлении ряда мучных кондитерских изделий, содержащих весьма большие количества сахара и жиров, разрыхление теста ведут с применением химических разрыхлителей или механического разрыхления сбиванием яичных белков.

При рассмотрении процессов, приводящих к созреванию теста в период его брожения до разделки, был отмечен ряд возможных путей его форсирования. Отдельные из этих путей (усиленное механическое воздействие на тесто при его замесе, добавление улучшителей окислительного действия, поверхностно-активных веществ, органических кислот и др.), позволяющие резко сократить или даже устранить период между замесом теста и пуском его на разделку, нашли производственное применение в ряде новых способов приготовления теста. Однако ни один из этих способов не устраняет внесения в тесто дрожжей. Многие же из этих способов требуют даже увеличения количества дрожжей, вносимых в тесто.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ АКТИВАЦИЯ ПРЕССОВАННЫХ ДРОЖЖЕЙ

Экономичность опарного и безопарного способов приготовления пшеничного теста на прессованных дрожжах может быть повышена путем предварительной активации дрожжей.

При производстве прессованных дрожжей дрожжевые клетки выращивают в условиях усиленной аэрации питательной среды. В связи с этим внутренняя структура и связанный с ней ферментный комплекс дрожжей приспособлены в основном к аэробным условиям культивирования. Брожение в этих условиях почти не происходит. В опаре или тесте дрожжи попадают в условия, близкие к анаэробным, и поэтому переключаются с дыхания на брожение. Внутренняя структура дрожжевой клетки при этом существенно перестраивается. Ферментный комплекс клетки также изменяется, приспосабливаясь к новым условиям существования. Процесс переключения дрожжевых клеток дыхательного типа на бродильный требует определенного времени и соответствующих условий.

В целях ускорения брожения опары или теста такое переключение целесообразно проводить предварительно в небольшом количестве питательной среды, оптимальной по составу для данного процесса. В этой предварительной фазе, предшествующей приготовлению опары или безопарного теста, происходит активация прессованных дрожжей с точки зрения их способности вызывать брожение.

Дрожжи при этом из состояния покоя переходят в активное состояние, переключаются с дыхательного на бродильный способ обмена, повышается их мальтазная активность.

Вопросы, связанные с предварительной активацией прессованных дрожжей, изучались и разрабатывались на кафедре технологии хлебопечения МТИППа А. Г. Гинзбургом. В содружестве с работниками Московского хлебозавода №4 была разработана технология проведения активации прессованных дрожжей и создана необходимая для этого процесса опытная установка.

Процесс активации прессованных дрожжей включает приготовление питательной среды для активации дрожжей, равномерное распределение в этой среде прессованных дрожжей и выдерживание дрожжей в «фазе активации»¹ при температуре 30—32°C в течение 1—2 ч.

Приготовление питательной среды состоит в получении заварки из пшеничной муки и воды, внесенной в горячую (50—60°C) заварку белого активного солода, дополнительного количества пшеничной муки и небольшого количества соевой муки, промешивании этой смеси и последующем охлаждении до 30—32°C внесением при непрерывном размешивании соответствующего количества холодной воды. В эту питательную смесь при непрерывном перемешивании вносят предварительно измельченные прессованные дрожжи.

При этом на каждые 100 кг муки в тесте расходуется:

¹ Под «фазой активации» следует понимать питательную среду с внесенными в нее для активации прессованными дрожжами.

На приготовление заварки

Муки пшеничной, кг	1,3—2,0
Горячей воды (95—98°C), л	4,0—6,0
Белого солода, кг	0,2

На приготовление «фазы активации»

Заварки, кг	5,5—8,2
Холодной воды, л	6,5—8,7
Муки пшеничной, кг	1,3—2,0
Муки соевой, кг	0,5
Дрожжей прессованных — все количество по рецептуре.	

Как показал опыт ряда хлебозаводов, применение предварительно активированных дрожжей позволяет снизить расход прессованных дрожжей на 25—40% при одновременном сокращении длительности брожения опары примерно на 30 мин.

Было установлено, что в фазе активации размножение дрожжей не происходит.

Чем меньше по рецептуре количество прессованных дрожжей по отношению к массе муки в тесте и чем ниже их подъемная сила, тем значительнее эффект активации. При безопарном способе приготовления теста эффект активации прессованных дрожжей еще значительнее, чем при опарном.

Для осуществления на хлебобулочных предприятиях активации прессованных дрожжей были разработаны, серийно производились и сейчас применяются установки УАД-60 (для суточной выработки 60—90 т пшеничного хлеба) и УАД-15 (для производства 15—25 т хлеба в сутки).

Установлено, что бродильная активность прессованных дрожжей в тесте может быть повышена и путем обработки водой их суспензии на установке с гидродинамическим вибратором звуковой и ультразвуковой частоты или пропуском через скоростную ротационную машину при частоте вращения 2800 об/мин. Причина повышения бродильной активности при этом лежит в лучшем диспергировании их в суспензии и дезагрегации конгломератов их клеток, имеющихся в обычной водно-дрожжевой суспензии.

ЗАВАРКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА

Крахмал муки в клейстеризованном состоянии очень легко и быстро осаживается амилалитическими ферментами. Поэтому в хлебопечении находят применение заварки, представляющие собой водно-мучную смесь, в которой крахмал муки в значительной степени клейстеризован. Заварки используются в хлебопечении как питательная среда для размножения дрожжей и кислотообразующих бактерий при приготовлении жидких дрожжей или ПшЖЗ. Используются заварки путем добавления в опару или тесто и в качестве улучшителя качества хлеба, особенно в случае

переработки муки с повышенной сахарообразующей способностью. Отдельные сорта хлеба предусматривают обязательное применение заварки независимо от свойств муки.

СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЗАВАРОК

Для приготовления заварок применяют муку и воду обычно в соотношениях от 1:3 до 1:2.

В случае применения заварки в качестве улучшителя качества хлеба для этой цели берут 3—5% (максимум 10%) от общего количества муки, идущей на приготовление теста.

С целью механизации приготовления заварки механическая лаборатория ВНИИХПа разработала машину ХЗМ-300 [3, с. 106 и 107].

В этой машине смешивание муки и воды, заваривание смеси и последующее ее охлаждение производится в горизонтальной цилиндрической камере, в которой расположен горизонтальный вал со смешивающими винтовыми лопастями. Эта камера вместимостью 300 л имеет водную рубашку. Для прогрева завариваемой массы в камеру через ее крышку введены четыре барботера, по которым может подаваться пар. Производительность машины около 200 кг/ч.

Прогрев завариваемой массы обеспечивается смешиванием муки с горячей водой и дополнительным барботированием паром. Температура заварки контролируется по термометру. Охлаждается заварка перемешиванием ее путем пуска охлаждающей воды через водную рубашку смесительной камеры.

Процесс приготовления одной порции заварки длится 90 мин. Из этого времени на охлаждение заварки затрачивается 55—60 мин. На охлаждение одной порции заварки расходуется 590 л воды (15°C). Мощность электродвигателя — 2,2 кВт.

Для приготовления заварки на крупных хлебозаводах применяют и заварочные баки с вертикальными мешалками и водяной рубашкой, имеющие вместимость 1000 л.

Приготовление и охлаждение порции заварки в таких баках длится около 120 мин, при этом на процесс охлаждения заварочной массы затрачивается 90 мин времени и 1500 л воды (15°C).

В МТИППе совместно с московским хлебозаводом №5 имени В. П. Зотова в 1960 г. была разработана и успешно внедрена в производство автоматизированная установка для приготовления заварки с электроконтактным ее прогревом (см. [3], с. 106—108).

Применение такой установки позволяет готовить заварки из более густой водно-мучной смеси (с отношением муки и воды 1:1,3) с электроконтактным ее прогревом в течение 22—25 мин и быстрым охлаждением заварочной массы перемешиванием с дополнительным количеством холодной воды. Весь цикл процесса приготовления порции заварки, включая и ее охлаждение, длится 35—36 мин.

Общая затраты электроэнергии на приготовление заварки из 1 т муки составляет 38—39 кВт·ч.

Такие автоматизированные установки для приготовления заварки с применением электроконтактного нагрева уже ряд лет успешно работают на московском хлебозаводе №5, где на ней готовится заварка из пшеничной муки, и ленинградских хлебозаводах №10 и 11, на которых она используется для приготовления заварок из ржаной обдирочной муки.

Применение каждой из этих установок высвободило четырех рабочих, до этого занятых приготовлением заварки.

Исследования, проведенные на московском хлебозаводе №5, показали, что заквашиваемые термофильными бактериями Дельбрюка заварки, приготовленные с применением электроконтактного нагрева, отличались от тех, которые готовились на обычной заварке, более высоким содержанием водорастворимого азота и более интенсивным кислотонакоплением. Жидкие дрожжи, готовившиеся с применением заварок электроконтактного прогрева, отличались высоким и стабильным качеством.

ВИДЫ ЗАВАРОК

Различают следующие виды заварок: 1) осахаренные заварки, 2) неосахаренные заварки, 3) соленые заварки, 4) сброженные, или заквашенные, заварки. В нашей хлебопекарной промышленности наиболее распространены заварки осахаренные и неосахаренные.

Осахаренные заварки получают в результате амилолиза клейстеризованного крахмала, содержащейся в них муки. Различают заварки самоосахаривающиеся, в которых амилолиз крахмала вызывается действием амилотических ферментов завариваемой муки, и заварки, в которые для форсирования амилолиза вносится после заваривания известное количество ферментативно-активного белого солода или амилотических ферментных препаратов.

При современных способах приготовления заварки осахаривание ее ведется в емкостях, в которых в этот период осахаривания (от 2 до 4 ч) поддерживается оптимальная температура заварки (62—65°C). Форсируемое охлаждение заварки производится лишь после завершения периода ее осахаривания.

Прежде осахариванию подвергались не только заварки, применяемые в качестве питательной среды при приготовлении жидких дрожжей и заквасок, но и заварки, применявшиеся в качестве улучшителя качества хлеба и вносившиеся в опару или в тесто. Работы, проведенные в технологической лаборатории ВНИИХПа (Н. И. Смолила и др., 1947), позволяют считать излишним осахаривание заварки, применяемой для этой цели.

Диаграмма, приведенная на рис. 22, достаточно убе-

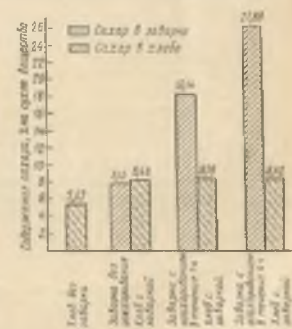


Рис. 22. Влияние осахаривания заварки на содержание сахара в заварке и хлебе

дительно свидетельствует о том, что количество сахаров в хлебе, приготовленном на заварке неосахаренной и осахаривавшейся в течение разного времени, практически одинаково. Объясняется это тем, что клейстеризованный крахмал заваренной муки достаточно легко будет осахарен амилазами муки в тесте при его брожении и выпечке и без осахаривания в заварке.

Неосахаренная заварка для улучшения качества хлеба готовится из 3—10% муки от общего ее количества в тесте. Воды для приготовления заварки берут обычно в 2,5—3 раза больше завариваемого количества муки.

Как показали опыты, проведенные во ВНИИХПе, температура заваренной массы должна доходить при заваривании пшеничной сортовой муки до 63—65°C, а пшеничной обойной муки до 70—73°C.

Заваренную и тщательно промешанную массу заварки сразу же после заваривания охлаждают примерно до 35°C, после чего ее можно использовать при приготовлении опары или теста. Стадия осахаривания заварки (т. е. выдерживание заварки в течение нескольких часов при температуре, оптимальной для осахаривания) здесь исключена как излишняя.

Соденые заварки отличаются от обычных тем, что при их приготовлении муку заваривают не водой, а нагретым до кипения раствором соли, который готовят из всей соли, предназначенной для данного количества теста.

Сброженные и заквашенные заварки различаются между собой тем, что заварку после ее охлаждения сбрызгивают прессованными или жидкими дрожжами или заквашивают молочнокислыми бактериями и затем выбраживают в течение нескольких часов.

Эти виды заварок можно рассматривать скорее как приготовление своего рода промежуточных фаз приготовления теста — жидких дрожжей или молочнокислой закваски.

Исходя из исследований, проведенных во ВНИИХПе, а также в Институте питания АМН СССР, можно сделать следующие заключения об эффективности применения заварок при выработке пшеничного хлеба.

1. Заварки являются необходимым компонентом (питательной средой) при приготовлении жидких дрожжей и ПнЖЗ, предназначенных для приготовления из них пшеничного теста.

2. Применение заварок, как осахаренных, так и неосахаренных, вносимых в тесто, повышает содержание в хлебе сахаров, делая его более сладким на вкус, и повышает образование в корке хлеба меланоидинов, усиливающих степень ее окрашенности и комплекс ощущений вкуса и аромата хлеба. Для этого достаточно применения при приготовлении теста заварки из 5—10% муки от общего ее количества в тесте. Применение большего количества заварки может иметь результатом некоторую заминаемость и липкость мякиша хлеба и снижение его объема, т. е. ухудшение качества хлеба по этим показателям.

3. Применение заварок в тестопротоплении несколько продлевает период сохранения хлебом его свежести.

4. Выход хлеба от применения заварок обычно может повышаться лишь в случае применения их в количествах или вариантах, снижающих качество хлеба, его объем. Применение заквашенных и сброженных заварок, повышающих объем хлеба и улучшающих его вкус и аромат, в то же время увеличивает потери на улек и усушку, а также затраты сухих питательных веществ на выбраживание и заквашивание заварок.

Возможны и случаи повышения выхода хлеба, связанные с некоторым улучшением структурно-механических свойств теста, позволяющим повысить в нем содержание влаги. Эти случаи могут иметь место лишь в условиях, когда влажность теста без заварки приходится занижать по сравнению с уровнем, допустимым, исходя из норм влажности данного сорта хлеба или булочного изделия.

5. Предполагали, что применение заварок может привести к повышению усвояемости пищевых веществ хлеба. Однако физиологические опыты на людях, питавшихся пшеничным хлебом, готовившимся без заварки, с обычной неосахаренной заваркой и с заквашенной заваркой, этого не подтвердили. Существенного изменения усвояемости хлеба с заварками не происходило и проявлялась даже тенденция к некоторому снижению усвояемости белков хлеба.

Из сказанного следует, что заварки при приготовлении пшеничного хлеба следует применять в вариантах, позволяющих получить хлеб лучшего качества, чем без их применения.

СПОСОБЫ И АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА¹

Еще сравнительно недавно пшеничное тесто в хлебопекарной промышленности готовилось только порционно с применением либо опарного, либо безопарного способа. Замес теста производился в большинстве стран на сравнительно «тихоходных» тестомесильных машинах периодического действия, а брожение опары и теста — в подкатных лежах. В хлебопечении нашей страны пшеничное тесто из сортовой муки готовилось, как правило, опарным способом с применением прессованных или жидких дрожжей (или тех и других).

Процесс опарного приготовления теста длился от 4,5 до 6 ч и требовал большого количества дежей для опары и теста и соответственно большой площади тестопротопительных цехов. Перемещение дежей с опарой и тестом, за исключением единичных хлебозаводов (системы Г. П. Марсакова и некоторых других), производилось вручную.

¹ В учебнике по технологии мы имеем возможность привести лишь самые сжатые характеристики ряда основных способов и вариантов аппаратурного оформления процесса приготовления теста.

Детальное их описание приводится в специальной литературе [3, 4, 5, 20, 29, 30, 40 и др.].

Еще в 1927 г. Г. П. Марсаков предложил тестоприготовительный агрегат на жестком кольцевом конвейере с полной механизацией всех процессов порционного двухфазного (опара — тесто) приготовления теста, включая и перемещение дежей. Эти агрегаты успешно работают и ныне на ряде хлебозаводов системы Марсакова в Москве и Ленинграде.

Был предложен и ряд других технических решений для механизации перемещения дежей с тестом и другими полуфабрикатами.

Однако все эти решения сохраняли порционное приготовление теста и выбраживание его в дежах.

Приготовление теста в бункерных агрегатах с месильными машинами периодического действия, созданных Н. Ф. Гатилиным, хотя и сохранило на первом этапе порционность его приготовления, но полностью устранило применение для этой цели дежей, а следовательно, и проблему их перемещения.

Одним из основных направлений технического прогресса в области осуществления технологических процессов различных отраслей производства является проведение этих процессов непрерывно-поточными способами при полной механизации всех операций, в том числе и тех, которые ранее осуществлялись вручную.

Непрерывно-поточное комплексно-механизированное осуществление технологических процессов стабилизирует их, облегчает автоматизацию управления ими, резко повышает производительность труда и при стабильности хлебопекарных свойств муки, правильно подобранных способах и параметрах проведения процесса обеспечивает и стабильно высокое качество готовой продукции.

АППАРАТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОЦЕССОВ БЕЗДЕЖЕВОГО И НЕПРЕРЫВНОГО ТЕСТОПРИГОТОВЛЕНИЯ В СССР

Пионерами в области разработки непрерывного тестопротирования в нашей стране были А. А. Воронков (1929), И. Д. и А. И. Беляковы (1933), Н. В. Молодых (1931—1936 и позднее) и В. А. Прохоркин (1934).

Предлагавшиеся и разработанные ими варианты тестопротировательных установок и агрегатов непрерывного действия не были доведены до осуществления и промышленным масштабом и внедрены в промышленность, их, в основном, сыграла свою роль в дальнейшем развитии этого направления.

С 1944 г. коллектив механической лаборатории ВНИИХПа под руководством Г. З. Нудамана начал работу над тестопротировательной установкой непрерывного действия с интенсивной механической обработкой теста (уже в 1947 г. был успешно асмант первый ее производственный образец), а затем тестопротировательного агрегата для непрерывно-поточного двухфазного приготовления ржаного теста, из которого брожение первой жидкой фазы осуществлялось в заквасочной машине непрерывного действия, а брожение теста — в кольцевом сосудах. В 1951 г. на опытных хлебозаводах ВНИИХПа была смонтирована и испытывалась первая производственная автоматизированная непрерывно-поточная линия для производства кнеличных батонов, включающая и непрерывно-поточное приготовление пшеничного теста из опары.

Бункерные тестопротировательные агрегаты

Широкое применение на наших хлебозаводах нашли бункерные тестопротировательные агрегаты, впервые предложенные и разработанные Н. Ф. Гатилиным.

В 1946 г. были созданы и внедрены крупногабаритные бункерные агрегаты, предназначенные для приготовления ржаного теста из густой закваски (головки) на хлебозаводах, оборудованных печами АШХ. Эти агрегаты были рассчитаны на производительность до 100 т хлеба в сутки.

На Свердловском хлебозаводе эти агрегаты были приспособлены и для приготовления теста из пшеничной муки обойной (из закваски) и II сорта (из опары).

Принцип действия бункерных тестопротировательных агрегатов системы Н. Ф. Гатилина показан на схеме, приведенной на рис. 23.

В тестопротировательной машине 1 с вращающейся чашей дежи, высокой выпускной клавиш и днищем, замесывается ржаная закваска (головка) или пшеничная опара. Замесенный полуфабрикат через выпускное отверстие дежи поступает в один из пяти отсеков бункера 2. После заполнения одного отсека последовательно заменяемыми порциями полуфабриката бункер поворачивается настолько, чтобы над выпускным отверстием дежи тестопротировательной машины расположился очередной пустой отсек. Когда таким образом заполнены все отсеки бункера, полуфабрикат в первом отсеке уже выброшен и через выпускное отверстие в его дежу поступает и приготавливается порция dough 2. Освободившийся отсек после поворота бункера вновь заполняется замесенным полуфабрикатом.

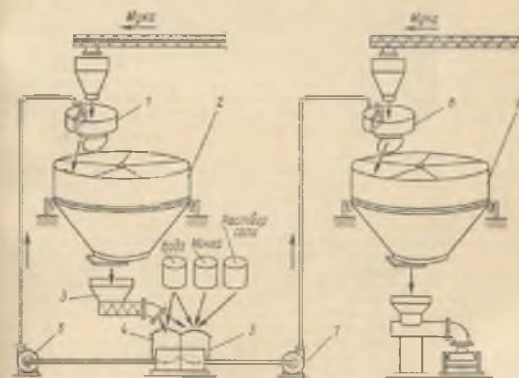


Рис. 23. Схема бункерного тестопротировательного агрегата Н. Ф. Гатилина

При приготовлении ржаного теста часть густой закваски (головки) поступает в смеситель 4, а основная часть в смеситель 5. Закваска в смесителе 4 разжижается перемешиванием ее с водой и затем насосом 6 перекачивается в дежу тестомесильной машины 1. Основная часть закваски в смесителе 5 разжижается перемешиванием с водой, мочкой (измельченным в воде хлебом прошлого приготовления) и раствором соли и перекачивается насосом 7 в дежу тестомесильной машины 8.

При приготовлении пшеничного теста опара поступает в смеситель 3, в котором смешивается с водой и раствором соли и насосом 7 подается в дежу тестомесильной машины 8. Отсеки бункера 9 последовательно заводятся порциями замешанного теста. Готовое тесто из выпускного отверстия соответствующего отсека поступает в промежуточный тестоспуск или непосредственно в приемную воронку тестоделителя.

За годы, прошедшие с создания первых бункерных тестоприготовительных агрегатов Н. Ф. Гатиллина, разработан и внедрен целый ряд агрегатов этого типа для приготовления пшеничного теста на больших густых опарах, на жидких опарах и безопасным способом.

Для комплексной механизации непрерывного приготовления пшеничного теста на большой густой опаре созданы и используются агрегаты, имеющие марки: И8-ХАГ-6; МТИП-РМК-7; Л4-ХАГ-13; И8-ХТА-6 и И8-ХТА-12.

Большие густые опары, как предусмотрено технологической инструкцией по приготовлению пшеничного теста на большой густой опаре в бункерных агрегатах непрерывного действия, утвержденной Упрхлебам Минпищепрома СССР 15 апреля 1980 г., готовятся с внесением в опару 65—70% муки от общего ее количества с влажностью 41—44%.

Мука, вода и дрожжевая суспензия непрерывно дозируются в машину для замеса опары. Замешенная опара шнековым питателем или лопастным нагнетателем (в агрегатах И8-ХТА-6 и И8-ХТА-12) перемещается в соответствующий отсек бункера для брожения опары.

В агрегатах И8-ХТА-6 и И8-ХТА-12 опара поступает в бункер для брожения сверху, а в агрегатах И8-ХАГ-6, МТИП-РМК-7 и Л4-ХАГ-13 — снизу. В трех последних агрегатах температура опары в процессах ее замеса, перемешивания шнековым питателем по трубопроводу в нижнюю часть отсека бункера и последующего брожения в нем в течение 4—4,5 ч может повышаться на 5—7°C. Поэтому начальная температура большой густой опары не должна превышать 24°C.

В этих агрегатах в тестомесильную машину шнековым питателем подается выброженная опара и соответствующими дозаторами — необходимые количества муки, воды, раствора соли и других предусмотренных рецептурой ингредиентов. Замешанное тесто должно иметь температуру 30—32°C. Шнековым нагнетателем оно подается в емкость для брожения в течение 20—25 мин (иногда и до 40).

Агрегаты И8-ХАГ-6, МТИП-РМК-7, Л4-ХАГ-13 серийно выпускаются машиностроительными заводами и используются не только для пшеничного, но и ржаного или ржано-пшеничного теста на больших густых заквасках.

В 1978 г. на Киевском хлебозаводе № 12 был смонтирован новый тестоприготовительный бункерный агрегат И8-ХТА-12, изготовленный машиностроительным заводом «Киевприлад».

Этот агрегат предназначен для приготовления пшеничного теста на большой густой опаре, и также в ржаного или ржано-пшеничного теста из больших густых заквасок. Агрегат также имеет для брожения опары (или закваски) секционный бункер. Однако загрузка замешанной опары (или закваски) производится в отсек бункера не снизу, а сверху. При этом перемещение замешанной опары в соответствующий отсек бункера производится с помощью не

шнекового питателя (нагнетателя), а лопастного нагнетателя. Этим устраняется чрезмерный перегрев опары (или закваски) и повышается качество хлеба.

Агрегат этого типа смонтирован и на Минском хлебозаводе № 1 для приготовления на большой густой закваске теста для мякинского хлеба, который готовится из смеси муки ржаной сеяной (90%) и пшеничной 1 сорта (10%).

В названной технологической инструкции (1980 г.) упоминается и о том, что бункерные секционные агрегаты могут быть использованы и при приготовлении пшеничного теста на жидкой или жидкой солевой опаре или безопасным способом.

Жидкие опары обычно готовятся из 25—30% общего количества муки и имеют влажность 65—70%. В жидкие солевые опары вносится и небольшая (до 0,6% к массе муки в тесте) часть соли.

Для замеса жидкой опары используют типовую установку для приготовления закваски марки ХЗМ-300.

Замешенная опара поступает в приемный чан и из нее перекачивается насосом в соответствующую емкость для брожения опары (пластмассовые или приварочные баки). Из этих емкостей опара после 3—3,5 ч брожения поступает вместе с другими необходимыми компонентами в тестомесильную машину непрерывного действия Х-26А. Замешенное тесто из тестомесильной машины поступает в отсек секционного бункера, где выбраживается в течение 1—1,5 ч.

Приготовление теста в бункерном агрегате безопасным способом также применяется на некоторых хлебозаводах и предусматривает применение тестомесилки Х-26А и секционного бункера из агрегата И8-ХАГ-6.

Тестоприготовительные агрегаты ХТР

В 1946 г. И. Л. Рабинович предложил тестомесильную машину, а в 1949 г. тестоприготовительный агрегат ХТР для непрерывного поточного приготовления пшеничного теста однофазным безопасным способом.

Безопасное приготовление пшеничного теста на агрегате ХТР производится чаще всего с применением около 1,5% прессованных и 5—20% жидких дрожжей или 50—60% одних жидких дрожжей. При температуре теста 27—29°C длительность брожения доходит до 4,5—5 ч.

Опыт эксплуатации агрегата ХТР при безопасном приготовлении теста показал, однако, что вырабатываемые таким способом хлебобулочные изделия уступали по качеству изделиям, вырабатываемым из теста, приготовленного старым способом. Особенно заметно это проявлялось при переработке пшеничной муки с пониженным хлебопекарным достоинством.

В связи с этим во ВНИИХП и на предприятиях хлебопекарной промышленности был разработан ряд вариантов агрегата ХТР для приготовления теста старым способом.

На рис. 24 приведена схема серийно производившегося опарно-тестового агрегата ХТР системы И. Л. Рабиновича.

На этом агрегате опара замешивается в тестомесильной машине 1, из которой поступает для брожения в отсек А корытообразного бродильного аппарата, отделенный глухой перегородкой 2 от отсека Б, предназначенного для

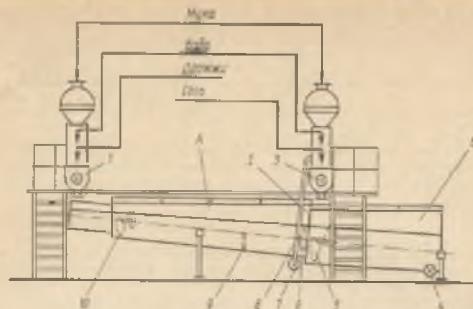


Рис. 24. Схема опарно-тестового агрегата ХТР.
А — отсек для брожения теста; Б — отсек для брожения теста.

брожения теста. В отсеке А находится выходящая сменная перегородка 9 и в конце его — выходящие из центральной втулки брожения агрегата лопасти 6, обеспечивающие перемешивание выброженного теста. Перемешивание теста и отсеке А обеспечивается как выходящим из центральной втулки вращающимся валом, так и вращающимся попутным 10, вращающимся на центральном валу в вращающейся части отсека. Выброженный тест из выпускного отверстия отсека А поступает в шнековый насос-дозатор 7, который по трубе 8 подает в тестомесильную машину 3. Замешенное тесто поступает для брожения в отсек Б, в котором агрегатируется подогревателем 8. Готовое выбраженное тесто выходит из этого отсека через выпускное отверстие в нижнем его конце, перемешиваемое задвижкой, положение которой регулируется штурвалом 4.

Агрегаты ХТР этого типа рассчитаны на приготовление опарным способом теста для выработки примерно 25 т хлебоуточных изделий в сутки.

В комплект агрегата ХТР входит тестомесильная машина непрерывного действия Х-12.

При эксплуатации агрегата ХТР с месильными машинами Х-12 работники хлебопеченных предприятий обратили внимание на недостаточную интенсивную механическую обработку теста при замесе. Было установлено, что удельная работа замеса пшеничного теста составляет 42% составляет всего лишь 6,8 Дж на 1 г теста. Поэтому работники и хлебопеченных, и специализированных научных и проектно-конструкторских организаций вынуждены были вносить в конструкцию изменения, повышающие интенсивность обработки теста на машине Х-12.

Особое значение интенсивность механической обработки теста при замесе приобретает в технологических схемах приготовления пшеничного теста, предусматривающих сведение к минимуму длительности периода брожения теста с момента его замеса до момента выпуска его на разделку.

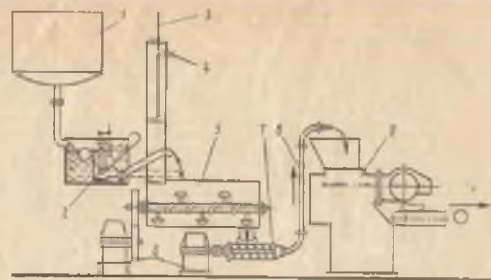


Рис. 25. Схема тестоприготовительного агрегата ХТУ-Д:
1 — сборник жидкого теста; 2 — шнековый дозатор; 3 — лопастная мешалка; 4 — датчик уровня муки; 5 — тестомесильная машина Х-12; 6 — разделочный; 7 — выпускной вентиль; 8 — трубопровод для теста; 9 — выходящая лопасть.

Тестоприготовительный агрегат ХТУ-Д

Исходя из отмеченного выше, В. М. Донченко предложил тестоприготовительный агрегат непрерывного действия марки ХТУ-Д.

Этот агрегат (рис. 25) представляет собой тестомесильную машину Х-12, под выходящим отверстием которой расположен блок для дозированной механической обработки теста. Этот блок может служить и для приготовления теста по трубопроводу либо прямо в промежуток воронки тестомесильной, как это показано на рис. 25, либо в бункер тестоприготовителя, либо в лопастную мешалку для непрерывного обрабатывания теста.

СПОСОБЫ И АГРЕГАТЫ ДЛЯ ИНТЕНСИФИЦИРОВАННОГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА

В нашей стране за последние десятилетия разработан целый ряд способов и агрегатов, интенсифицирующих процесс приготовления теста. Здесь будут кратко охарактеризованы отдельные из этих способов и агрегатов.

Описанный выше тестоприготовительный агрегат ХТУ-Д усиливает механическое воздействие на тесто, замешенное на машине Х-12, последующим его пропуском через шнековый дозатор, что позволяет сокращать длительность брожения теста до разделки. Из этого следует, что и агрегат ХТУ-Д при приготовлении пшеничного теста на жидкой или на жидкой солевой опаре может рассматриваться как интенсифицирующий процесс тестоприготовления.

Агрегат РЗ-ХТН разработан во ВНИИХП для приготовления теста из сортовой пшеничной муки на жидкой опаре с интенсивной механической обработкой его при замесе.

На этом агрегате жидкая опара готовится из 30—35% количества муки в тесте.

Опара замешивается в жидком смесице Ш2-ХВБ непрерывного действия, в который из соответствующего дозатора непрерывно поступает определенное количество муки, воды и водной суспензии дрожжей. Из этого смесища «жидкая опара» забирается для ее брожения поступает в горизонтальный аппарат РЗ-ХТН 1, разделенный на исследовательские отсеки и снабженный устройством для перемешивания опары, в процессе ее 3,5—4-часового брожения. В этот аппарат замешанная опара поступает непрерывно, а сброженная опара в тех же количествах непрерывно отбирается в специальный насос, перекачивающий ее в дозатор вливающегося типа РЗ-ХДБ 2Д непрерывного действия для отбора жидких компонентов, предназначенных для замеса теста. Мука дозируется непрерывно действующим дозатором РЗ-ХДА.

Все эти непрерывно дозируемые компоненты поступают на замес теста в тестомесильную машину РЗ-ХТО (ее схему см. [3, с. 149]) непрерывного действия, во конструкции обеспечивающую непрерывное механическое воздействие на тесто. Замешенное тесто поступает для брожения в течение 30 мин на наклонный транспортер РЗ-ХТН/4, перемещающий тесто в приемную воронку тестодолителя.

За период брожения в тесте происходит и релаксация напряжений, создавшихся в тесте в результате его интенсивного замеса.

Агрегат РЗ-ХТН предназначен для применения при выработке в основном массовых сортов хлебобулочных изделий из пшеничной сортовой муки.

Агрегат РЗ-ХТП разработан для порционного приготовления теста для булочных изделий из пшеничной сортовой муки на концентрированной молочнокислой закваске (далее сокращенно обозначаемой КМКЗ).

Эта экспрессная технология разработана на основе исследований, проведенных во ВНИИХПе и его Ленинградском отделении.

КМКЗ в разовом цикле ее приготовления выводит на чистой культуре молочнокислых бактерий, продуцирующих в основном молочную кислоту, которая более приятно и менее резко ощущается во вкусе, по сравнению с уксусной кислотой. Чистые культуры этих молочнокислых бактерий производственные лаборатории могут получать из ВНИИХПа или его Ленинградского отделения.

Аппаратурно-технологическая схема агрегата РЗ-ХТП, разработанная во ВНИИХПе, приведена на рис. 26.

В производственном цикле КМКЗ имеет влажность 65—68%, выбраживается при 36—38°C в течение 8—10 ч до достижения кислотности 16—20 град в аппарате 2, имеющем водяную рубашку и мешалку. Половину выбраженной КМКЗ насосом 4 перекачивают в расходный бак 5, из которого она будет направляться на замес теста.

К половине КМКЗ, оставшейся в емкости 2, для ее освежения добавляют питательную смесь из муки и воды, подготавливаемую в смесице 2 (включая смесице Ш2-ХВБ) в количестве, соответствующем массе половины КМКЗ, отобранной в расходный бак 5 для последующего приготовления теста.

Через 8—10 ч выбраживания при 36—38°C освеженная КМКЗ достигает кислотности 16—20 град, и производится очередной отбор половины ее в расходный бак 5.

Готовая выбраженная КМКЗ высокостабильна и сохраняется при 25—35°C в течение 20 ч, а при снижении температуры КМКЗ до 12—15°C — в течение суток и более.

Для замеса теста насосом 4 через дозатор 6 направляется соответствующее количество КМКЗ и других жидких компонентов, а через дозатор 7 — мука.

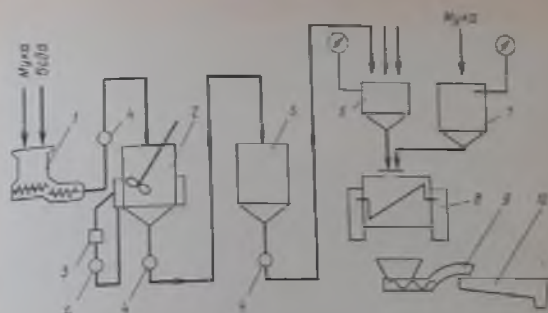


Рис. 26. Схема тестоприготовительного агрегата РЗ-ХТП:

1 — аппарат для приготовления питательной смеси (смесище); 2 — аппарат для брожения КМКЗ; 3 — система термостатирования; 4 — насос; 5 — расходный бак; 6 — дозатор жидких компонентов; 7 — дозатор муки; 8 — тестомесильная машина; 9 — выгнетатель-экструдер; 10 — емкость для брожения теста

Замес теста на КМКЗ производится порционно на разработанной во ВНИИХПе тестомесильной машине ТПИ, выпускаемой Белопольским заводом Мехлестроизмаша под маркой РЗ-ХТИ (на схеме см. 8). Замес теста длится в течение 3—4 мин. Рабочий орган месильной машины имеет частоту вращения 60, 90 и 120 об/мин. Ритм переключений частоты вращения обеспечивается автоматикой и может изменяться с учетом силы муки. Возможно проведение замеса и при постоянной частоте вращения рабочего органа.

На приготовление КМКЗ расходуется 3—5%, а на замес теста — остальные 95—97% муки.

Замешенное тесто выгнетелем-экструдером перемещается в емкость 10 для брожения в течение 40—60 мин. За это время в тесте происходит и релаксация напряжений, возникших в тесте при прохождении его через выгнетатель-экструдер.

Дальнейшие этапы процесса — разделка и выпечка — проводятся, как обычно.

Опубликованные данные [4, 22, 40], а также опыт внедрения позволяют отметить, что качество изделий (например, нарезных батонов из пшеничной муки 1 сорта) по всем основным показателям, включая и содержание бисульфитсвязывающих веществ, характеризующих аромат изделий, лучше, чем при приготовлении теста из той же муки обычным опарным способом.

По этим же данным, применение экспрессной технологии приготовления теста на КМКЗ, внедренной и успешно применяемой на ряде хлебозаводов нашей страны, имеет следующие преимущества: сокращение длительности тестоприготовления в несколько раз; обеспечение возможности перехода на двухсменную работу и еликий выходной день; снижение затрат сухих веществ муки на брожение и повышение показателей качества продукции, в том числе и характеризующих ее вкус и аромат, а также и возможность устранения применения подкатных деж и трудоемкой опера-

ции по их перемещению. Для предприятий, еще не оснащенных агрегатами РЗ-ХТП, предусматриваются и варианты приготовления пшеничного теста на КМКЗ с использованием месильной машины РЗ-ХТИ (ТПИ) и различных комбинаций других видов хлебопекарного оборудования, имеющихся на предприятии или серийно выпускаемых.

Ускоренный способ порционного приготовления пшеничного теста на молочной сыворотке

Технологическая инструкция (1979 г.) включает описание и аппаратурно-технологическую схему данного способа. При производстве хлебобулочных изделий из муки I и высшего сортов сыворотку рекомендуется добавлять в количестве 10—20% от массы муки.

Предусмотрено проведение замеса на тестомесильной машине РЗ-ХТИ (ТПИ), применение для хранения сыворотки специальных емкостей — баков из нержавеющей стали с водяными рубашками и мешалками. Остальные операции осуществляются с применением имеющегося на предприятии серийно производимого оборудования.

Следует учитывать, что молочная сыворотка содержит 96% воды и 4% сухих веществ и перед ее внесением в тесто должна иметь кислотность не более 75°Т.

Разработаны и применяются в хлебопекарной промышленности и многие другие варианты ускоренного приготовления пшеничного теста, два из которых мы ниже кратко опишем.

Ускоренный способ приготовления теста с применением ферментированной эмульсии-суспензии

Этот способ разработан в Казгипрохлебопроме и КТИППе для приготовления теста для булочных и сдобных изделий из сортовой пшеничной муки и предусматривает двухфазное тестоприготовление. Сперва готовится ферментированная эмульсия-суспензия, на которой затем готовится тесто.

Ферментированная эмульсия-суспензия готовится на ультразвуковом диспергаторе, имеющем водяную рубашку и обрабатываемую ванну, в него массу при частоте колебаний 25 кГц.

В диспергатор вносят всю воду, предусмотренную рецептурой изделия, с температурой 35—40°С, а затем и все дополнительное сырье (сахар, жир в биопрепарат из пивных дрожжей, обладающий высокой ферментативной активностью) и доводят температуру обрабатываемой массы до 40—43°С. После 5—7 мин в обрабатываемую массу вносят 25% общего количества муки и продолжают обработку еще 15—18 мин. Затем температуру обрабатываемой массы снижают до 33—35°С и вносят в нее прессованные дрожжи (в количестве, из 0,5% больше нормы для опарного способа). После еще 5—8 мин обработки эмульсия-суспензия в диспергаторе она поступает в емкость для брожения в течение 30—40 мин.

Затем на выброженной эмульсии-суспензии замешивается тесто, которое после 90—120 мин брожения передается на разделку.

Этот способ приготовления теста нашел применение при производстве булочных изделий в хлебопекарной промышленности не только Казахской ССР, но и других союзных республик нашей страны.

Ускоренный способ приготовления пшеничного теста на диспергированной фазе

Этот способ разработан специалистами хлебопекарной промышленности Эстонской ССР и нашел широкое применение на хлебопекарных предприятиях Прибалтики.

Диспергированная фаза готовится в скоростном смесителе, имеет влажность около 60% и на ее приготовление идет 30% общего количества муки, сахар, жир, молочные продукты и 3% прессованных дрожжей. Диспергированная фаза представляет собой сметанообразную массу и вымешивается в течение 30 мин. Затем на диспергированной массе производится замес теста на машине Х-12 со шнеком для доводочной механической обработки теста.

После примерно 30 мин брожения тесто направляется на разделку. Отмечено хорошее качество продукции из приготовленного этим способом теста, а также и то, что его применение облегчает перевод производства на двухсменную работу с одним выходным днем.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЖИДКОЙ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ФАЗЫ

В 1963 г. в МТИППе был предложен (Л. Я. Ауэрман, В. Л. Кротович, Р. Д. Поландова) способ улучшения качества пшеничного хлеба¹, предусматривающий включение в процесс приготовления теста из сортовой пшеничной муки предварительной жидкой окислительной фазы (далее сокращенно — ЖОФ), в которой роль окислителя играет фермент липоксигеназа соевой (или гороховой) муки.

Процесс приготовления ЖОФ осуществлялся сначала в лабораторных условиях в МТИППе, затем в производственных условиях на опытной хлебопекарне ВНИИХПа и московском хлебопекарне №4 при порционном (в дежа) приготовлении теста.

С учетом результатов этих работ на Орехово-Зуевском хлебопекарне была создана производственная установка для приготовления ЖОФ, включенная в линию непрерывно-поточного опарного приготовления теста на агрегате ХТР.

Схема этой установки приведена на рис. 27.

Для приготовления ЖОФ применяются: вода (50—75% от общего ее количества в тесте; при опарном способе приготовления теста — вся вода, предназначенная для приготовления опары); свежемолотая, несоблажненная соевая мука как носитель активной липоксигеназы (в количестве 0,3% к массе муки в тесте); эмульсия растительного масла в воде с применением фосфатидного концентрата (ФК) в качестве эмульгатора и пшеничная мука (20—25% от общего количества ее в тесте). Эмульсия вносится в ЖОФ в качестве жидкого субстрата для действия липоксигеназы и готовится на установках с гидродинамическим перемешиванием; в состав 10% ной эмульсии входит 90% воды, 5% растительного масла и 5% ФК. В ЖОФ эмульсия вносится из расчета содержания в ней растительного масла и ФК по 0,05% к массе всей муки в тесте.

На установке (см. рис. 27) ЖОФ готовится порционно. Приготовленная ЖОФ перекачивается в сборник 6, вмещающий до двух ее порций, из которого

¹ А.с. 164860 (СССР) — Б.И., 1964, № 17.

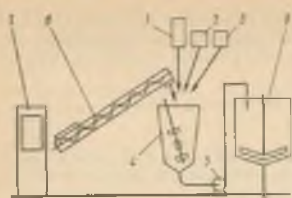


Рис. 27. Схема установки для приготовления жидкой окислительной фазы:
1 — водосмеситель-дозатор АБВ-100; 2 — дозатор соевой муки; 3 — дозатор эмульсии; 4 — быстрорастворимый смеситель для приготовления ЖОФ; 5 — бак; 6 — сборник готовой ЖОФ; 7 — бак для хранения муки

ние готовимой массы туловища заквашиваемого воздуха, кислород которого нужен для окислительного действия липоксигеназы в ЖОФ.

Внутренним, из которых готовится ЖОФ, поступают в бак смесителя 4 через соответствующие дозаторы: вода — через дозатор 1 (АБВ-100), соевая мука — через дозатор 2, эмульсия — через дозатор 3. Пшеничная мука может либо подаваться в бак смесителя шнеком-дозатором 5, как это осуществлено на Орехово-Зуевском хлебокомбинате, либо предварительно отсепаровываться на мукомолье МД-100. Для автоматизированного управления всеми механизмами установки предусмотрен бак управления 7.

При суточной выработке на одной линии 17,3 т нарезных батончиков из пшеничной муки 1 сорта необходимо готовить две порции ЖОФ в час. Для приготовления каждой порции ЖОФ идет вода 87,6 л, соевая мука 0,8 кг, 10%-ная эмульсия 2,65 кг и пшеничной муки 52,1 кг.

В связи с малым расходом эмульсии ее следует готовить на установке с гидродинамическим вращателем сразу на сыну (или большее время) и перекладывать в сборник, из которого она через дозатор 3 будет расходоваться на приготовление ЖОФ.

ЖОФ готовится в следующем порядке.

На первом этапе в бак смесителя из АБВ-100 подается вода (температура воды не выше 35°C), включается электровращатель смесителя и через дозатор 2 засыпается необходимое количество соевой муки. Смесью воды и соевой муки перемешивается в течение 1 мин для перехода липоксигеназы соевой муки в раствор. Затем в бак смесителя через дозатор 3 сливается необходимое количество эмульсии и продолжается перемешивание смеси. При этом полиненасыщенные жирные кислоты окисляются кислородом воздуха, захваченного под действием липоксигеназы растительного масла и фосфатидного концентрата под действием липоксигеназы окисляются перекисными соединениями (в основном гидропероксидами) указанных жирных кислот, являющиеся активными окислителями. Образование этих перекисных соединений и является основной целью первого этапа приготовления ЖОФ.

На втором этапе после окончания слива эмульсии в бак смесителя постепенно (в течение 2 мин) подается соответствующее количество пшеничной муки. Затем в течение еще 4 мин продолжается перемешивание ЖОФ. На этом собственно приготовление ЖОФ и заканчивается. На втором этапе ее приготовления перекисные соединения жирных кислот окисляют сульфидирующие группы компонентов белково-протеинового комплекса пшеничной муки, внесенной в ЖОФ. В результате этого улучшаются структурно-механические свойства теста, приготовленного из ЖОФ, и как следствие улучшаются газо- и

формоудерживающая способность теста, объем и форма хлеба, разрыхленность и структурно-механические свойства мякиша хлеба.

Перекисными соединениями жирных кислот окисляются и обесцвечиваются и каротиноидные пигменты муки, поэтому мякиш хлеба становится заметно более светлым.

Приготовленная порция ЖОФ перекладывается в сборник 6, откуда и расходуется на приготовление пары (жидкого полуфабриката) или безопарного теста.

Существенно отметить, что применение ЖОФ заметно улучшает структурно-механические свойства теста, что позволяет доводить влажность теста для булочных изделий до уровня, соответствующего установленным нормам влажности их мякиша.

Улучшение структурно-механических свойств теста делает целесообразным и некоторое увеличение длительности расстойки тестовых заготовок. Несколько ускоряется процесс созревания теста, в частности кислотонакопление в нем.

Для практики применения этого способа на хлебопекарных предприятиях существенно в то, что применение ЖОФ позволяет в случае необходимости получать из свежесмолотой или имевшей недостаточную отлежку пшеничной муки хлеб, даже лучший по качеству по сравнению с хлебом, полученным обычным способом из этой же муки после 1—2 мес ее созревания после помола.

Из этого не следует, однако, делать вывода о ненужности отлежки муки после помола в случае применения ЖОФ. И при применении ЖОФ отлежка и созревание муки дополнительно улучшают качество хлеба.

Дальнейшими работами, проводившимися в МТИППе (Г. Т. Дубов, М. П. Попов и др.), было показано, что применение ЖОФ улучшает качество пшеничного хлеба и в том случае, если вследствие недостаточности соевой муки используют значительно меньшую липоксигеназную активность пшеничной муки, вносимой в ЖОФ.

В последующих работах, проводившихся в МТИППе с участием и ВНИИХПа, установлено, что в качестве источника липоксигеназы при приготовлении ЖОФ можно с достаточной эффективностью использовать клеточный сок картофеля, являющийся отходом на картофелекрахмальных заводах, как в его нативном виде, так и консервированного 15% поваренной соли, а также концентрата, получаемого из консервированного сока в виде осадка после 1 ч его прогрева при 50°C.

Эти вносимые в ЖОФ добавки содержат активную липоксигеназу, а также и ингибиторы протеолиза, дополнительно улучшающие структурно-механические свойства теста, и также объем и форму хлеба, цвет и текстуру мякиша. Улучшается также вкус и аромат хлеба, и увеличивается период сохранения его свежести.

Перечень публикаций по применению в нашей стране липоксигеназно-активных пищевых добавок для улучшения качества пшеничного хлеба приведен в статье по этому вопросу (Труды МТИППа, ЦНИИТЭИпищепром, 1981, с. 18—24).

СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИЦИРОВАННОГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА ЗА РУБЕЖОМ

Методы и агрегаты для комплексно-механизированного интенсифицированного приготовления теста разрабатываются и применяются не только в СССР, но и за рубежом.

В Чехословацкой Социалистической Республике разработаны, производятся и применяются тестопрототиповые агрегаты КВПТ-1000 и КВПТ-500 (производительностью соответственно 1000 и 500 кг/ч) для приготовления пшеничного теста на жидкой опаре и агрегаты КВТ-1000 и КВТ-1500 для ржаного и ржано-пшеничного теста, готовящегося на жидкой закваске.

Жидкий полуфабрикат (опара или закваска) вырабатывается (3—4 ч) в цилиндрической 12-секционной емкости, а замес теста производится в месильной машине интенсивного действия. Замешенное тесто поступает на ленточный транспортер для кратковременного (30—40 мин) брожения, и с него в приемную воронку тестоделителя.

В Венгерской Народной Республике созданы, производятся и применяются агрегаты ФТК-1000 для приготовления пшеничного теста на жидкой опаре¹, вырабатываемой в течение 3,5—4 ч в многосекционном бункере, из которого она затем направляется для замеса теста в тестомесильную машину непрерывного действия, интенсивно механически воздействующую на тесто. Замешенное тесто поступает для кратковременного брожения на ленточный транспортер, с которого попадает в приемную воронку тестоделителя.

Интенсифицированное приготовление пшеничного теста на жидких опарах применяется также и в ГДР и других странах.

В ФРГ фирма «Вернер унд Пфлейдерер» производит агрегаты с тестомесильными машинами интенсивного действия — «Контигуа» и «Контегуа», применяемые и в ряде других стран. Эти агрегаты включают и холодильные установки для охлаждения замешиваемого теста.

В Англии уже длительное время применяется так называемый чорлиудский способ интенсифицированного однофазного (безопарного) приготовления пшеничного теста с применением для интенсивного замеса теста тестомесильной машины «Твиди».

Рецептура теста предусматривает: увеличение количества дрожжей в 1,5—2 раза; повышение доли воды в тесте (на 3,5 л на 100 кг муки); добавление улучшителя окислительного действия (аскорбиновой кислоты) и внесение в тесто жира (0,7% обычно применяемого или 0,04—0,07% жира, твердого по консистенции при температуре тестопрототипования).

Удельная работа замеса за 4—5 мин должна быть равной 40 Дж на 1 г теста.

¹ На хлебозаводе в Таллине агрегат ФТК-1000 успешно применяется для приготовления ржаного теста на жидкой закваске.

Чорлиудский способ обеспечивает получение хлеба хорошего объема, с тонкостенной и равномерной структурой пористости и светлым мякишем. Однако вкус и аромат хлеба выражены явно недостаточно.

В США интенсифицированные способы приготовления начали применяться начиная с 1953—1954 гг. Способ «Ду-Мэйкер» и агрегат для его осуществления был разработан еще в 1953 г. и предусматривает приготовление пшеничного теста на предварительно сбраживаемом безмучном жидком полуфабрикате (преферменте).

Этот полуфабрикат готовится из 70% воды от общего ее количества в тесте, дрожжей (2% к массе муки в тесте), минерального питания для дрожжей, сахара (3%), обезжиренного сухого молока (6%), солодового экстракта (0,4%) и соли и вырабатывается в соответствующих емкостях при 31—32°C в течение 2,5 ч.

При замесе теста в выброженном полуфабрикату добавляется мука, раствор улучшителя окислительного действия, жир и вода. Замес теста происходит на установке непрерывного действия, включающей предварительный меситель, замешивающий уже однородное тесто, и окончательный тестобработатель для дополнительной механической обработки, после выхода из которого тесто сразу же направляется на делитель.

Таким образом, стадии брожения теста до его разделки полностью исключены.

В 1954 г. в США был разработан способ «Эмфлоу» и тестопрототиповый агрегат для его осуществления.

Этот способ также предусматривает приготовление пшеничного теста на предварительно сбраживаемом жидком полуфабрикате, двухстадийный непрерывно-поточный замес теста (на предварительном месителе, а затем на окончательном тестобработателе) и направление теста на разделку сразу же после его замеса. Однако этот способ предусматривает внесение в сбраживаемый полуфабрикат и части муки.

После введения в полуфабрикат внеслось 10—16% от общего количества муки. После закладки опыта производства хлеба данным способом было установлено, что для улучшения вкуса и аромата хлеба целесообразно повысить долю муки, вносимой в полуфабрикат, до 25% и более.

Приготовление пшеничного теста способами «Ду-Мэйкер» и «Эмфлоу» нашло широкое применение в США, Канаде и ряде других стран. Однако часть потребителей хлеба, производимого с применением этих способов приготовления теста, полагала желательным приближение ряда его свойств (вкуса и аромата, структурно-механических свойств мякиша) к свойствам хлеба, производившегося из теста, приготовленного традиционными, в основном опарными, способами.

Отмечалось и то, что приготовление жидкого полуфабриката, предусмотренное данными способами, требует соответствующего оборудования и емкостей для его выброживания, площади и кубатуры производственного помещения, необходимых для размещения этого оборудования, а следовательно, соответствующих дополнительных капиталовложений.

В связи с этим в последующие годы внимание машиностроительных фирм и исследователей было устремлено на разработку и совершенствование однофазного (безопарного) интенсифициро-

Структура и структурно-механические свойства ржаного теста характеризуются отсутствием в нем губчатого клейковинного каркаса, характерного для пшеничного теста. В ржаном тесте отсутствуют белки, способствующие набуханию крахмала, поэтому в жидкой фазе ржаного теста крахмал находится в состоянии вязкого коллоидного раствора, составляющего основу жидкой фазы ржаного теста. В жидкой фазе ржаного теста находятся также пептизирующие соли, растворимые декстрины, сахара, соли и другие водорастворимые вещества муки.

В жидкой фазе ржаного теста распределены также элементы твердой фазы ржаного теста, как зерна крахмала, ограниченно набухшая часть белков и отрубистые частицы муки.

Структурно-механические свойства ржаного теста в значительной мере определяются свойствами его вязкой жидкой фазы. Для ржаного теста характерны высокая вязкость, пластичность и малая способность к растяжению, низкая упругость.

Довольно значительное влияние на структурно-механические свойства ржаного теста оказывает соотношение в нем пептизирующих и ограничено набухших белковых веществ.

Следует отметить, что кислотность и в первую очередь содержание в ржаном тесте молочной кислоты существенно влияет на степень пептизации белков. Повышение кислотности теста до определенного предела (до pH 4,4—4,2) способствует пептизации белков и одновременно набуханию и улучшению структурно-механических свойств ограниченно набухшей части белков. Дальнейшее повышение кислотности может привести к уменьшению пептизации белков ржаного теста.

Поэтому повышенная кислотность ржаного теста, особенно содержание в нем молочной кислоты, благоприятно влияет на структурно-механические свойства ржаного теста. В частности, большое значение приобретает повышенная кислотность ржаного теста при приготовлении его из ржаной муки с низким содержанием белковых веществ. При недостаточно высокой кислотности в таком тесте не был бы обеспечен переход в жидкую фазу значительного количества пептизируемого белка.

Однако и слишком большая пептизация белковых веществ в ржаном тесте нежелательна, так как это может привести к чрезмерному разжижению теста и снижению его способности удерживать форму при расстойке и выпечке подовых видов хлеба.

Внесение соли в ржаное тесто повышает температуру клейстеризации его крахмала в процессе выпечки, что вследствие повышенной атакемости ржаного крахмала и наличия в ржаной муке α -амилазы может способствовать улучшению структурно-механических свойств мякиши хлеба.

Значительно более высокая кислотность ржаного теста необходима не только для достижения достаточной пептизации его белков, но и для торможения действия присутствующей в ржаной муке α -амилазы. Как уже указывалось выше, повышение кислотности ржаного теста резко снижает температуру инактивации

α -амилазы. В связи с этим при выпечке ржаного хлеба сокращается длительность периода, в котором β -амилаза уже инактивирована, а α -амилаза, действуя на частично клейстеризованный крахмал, еще продолжает образовывать декстрины. Накопление же в мякише хлеба декстринов придает ему повышенную липкость. Поэтому при недостаточной кислотности ржаного теста мякиш хлеба из него имеет повышенную липкость и эластичность. Такой мякиш из муки, смолотой из проросшего зерна. В связи с этим кислотность готового вымороженного теста из ржаной обойной муки (перед его разделкой) доводит примерно до 12 град.

Для достижения такой кислотности ржаного теста необходима специфическая бродильная микрофлора. В пшеничном тесте из сортовой муки основным видом бродильной микрофлоры являются дрожжи, наряду с которыми известную роль играют и кислотообразующие бактерии, обуславливающие кислотонакопление в тесте. При этом задача технолога сводится к предотвращению чрезмерного повышения кислотности теста, которое могло бы вызвать недопустимо высокую, с точки зрения вкуса, кислотность хлеба.

При приготовлении же ржаного теста задачей технолога является обеспечение достаточно быстрого и высокого кислотонакопления. Поэтому в ржаных заквасках и тесте должны быть созданы условия, при которых количество кислотообразующих бактерий во много (обычно в 60—80) раз превышает бы количество дрожжевых клеток.

Такое соотношение в ржаном тесте дрожжей и кислотообразующих бактерий может быть получено и при приготовлении его из муки и воды путем так называемого спонтанного брожения.

Если замесить ржаную муку с водой и оставить тесто при температуре, обычной для недоятого теста (25—30°C), то через несколько дней в нем появятся признаки брожения, выражающиеся в выделении газов и в появлении характерного вкуса и запаха кислого теста. Микроскопическое исследование теста, подвергнутого самопроизвольному брожению, показывает, что тесто послужило питательной средой для ряда микроорганизмов, появившихся в него из окружающей среды и из муки; жизнедеятельность этих микроорганизмов и вызывает описанные выше явления (газо- и кислотообразование).

В результате изучения микрофлоры теста, в котором началось самопроизвольное брожение, установлено, что основными возбудителями этого брожения являются *Bac. coli aerogenes* и *Bac. levans*. Эти бактерии образуют в тесте углекислоту и молочную кислоту, спирт, углекислый газ (диоксид углерода), водород и в меньших количествах — азот.

Наряду с основной массой бактерий этого типа в тесте, в котором началось спонтанное брожение, встречаются в очень небольшом количестве и отдельные дрожжевые клетки (попавшие в тесто из воздуха). Однако роль их в первой стадии спонтанного брожения чрезвычайно мала и практически незаметна.

Если кусок теста, в котором началось спонтанное брожение, оставить в помещении с сухим воздухом, то тесто со временем высохнет и жизнедеятельность микроорганизмов в нем прекратится. Если же кусок теста будет лежать во влажном помещении, то он с течением времени достигнет плесени, следовательно, с точки зрения хлебопечения этот кусок теста испортится и сделается непригодным для употребления.

Совершенно другая картина будет, если тесто, которое подвергалось спонтанному брожению, через некоторое время (через 7—8 ч) освежить, или «размолодить», прибавив к нему новую порцию муки и воды, дать ему некоторое время вновь бродить, затем опять размолодить и т. д. в течение нескольких (например, четырех) дней. В этот период можно произвести от шести до восьми размолождений теста. В тесте, подвергшемся повторному спонтанному брожению, чередовавшемуся с размоложением, микрофлора будет совершенно иная.

Если в первой стадии спонтанного брожения теста микрофлора последнего в основном состояла из бактерий типа *Sac. levans* и лишь в совершенно незначительной доле — из дрожжевых грибов, то в тесте, подвергшемся повторному размолождению, бактерии типа *Sac. levans* почти или совершенно исчезают, а вместо них появляются типичные для ржаного теста кислотообразующие бактерии. Одновременно отмечается падение значительного количества дрожжевых клеток. Соотношение в таком тесте дрожжей и кислотообразующих бактерий близко к обычному для ржаных заквасок и теста.

Разница в составе микрофлоры первоначально замешенного теста и теста после пяти освежений отражается и на качестве хлеба. Хлеб из теста начальной стадии спонтанного брожения плохо разрыхлен и имеет трещины как в корке, так и в мякише. Хлеб из спонтанно забродившего теста после 5—6 последовательных размолождений хорошо разрыхлен, имеет нормальный по строению мякиш и хороший внешний вид. Вкус и аромат такого хлеба обычные для ржаного хлеба.

Однако приготовление ржаного теста таким путем было бы чрезвычайно длительным и в значительной мере зависело бы от микрофлоры муки, которая может резко колебаться как по количеству, так и по соотношению представленных в ней микроорганизмов. Поэтому при приготовлении ржаного теста следует в начале процесса вносить в том или ином виде специфические кислотообразующие бактерии и дрожжи.

Наиболее простым было бы однофазное приготовление ржаного теста с внесением при замесе в качестве возбудителей брожения дрожжей и соответствующих кислотообразующих бактерий в необходимом соотношении. Для этого наряду с прессованными дрожжами нужно иметь прессованные (или сухие) кислотообразующие бактерии соответствующих видов и рас.

В ржаном тесте указанное выше соотношение дрожжей и кислотообразующих бактерий достигается на большинстве хлебопекарных предприятий при приготовлении теста на заквасках.

В технологии промышленного приготовления ржаного теста закваской можно называть непрерывно расходуемую по частям и вновь возобновляемую фазу, используемую для приготовления теста. Закваски применяются густые, менее густые или жидкие. Часть такой закваски применяется при замесе теста в качестве продукта, содержащего активную специфическую бродильную микрофлору ржаного теста и значительное количество кислот. На остальной (меньшей) части закваски с добавлением определенного количества муки и воды готовится новая порция закваски. После определенного времени брожения новая порция закваски восстанавливает свою кислотность и состав бродильной микрофлоры и опять может быть частично использована для приготовления одной или нескольких порций теста. На меньшей части вновь возобновляется новая порция закваски и т. д.

Работа по такому, сравнительно простому двухфазному циклу (закваска — тесто) с непрерывным возобновлением закваски носит название работы по сокращенному производственному циклу приготовления ржаного теста.

Сокращенный производственный цикл приготовления ржаного теста на заквасках может быть и трехфазным. На отдельных порциях непрерывно возобновляемой закваски можно готовить сначала опару. После того как опара выбродит, на ней готовится тесто.

Однако для того чтобы начать работу по двух- или трехфазному производственному циклу, нужно иметь готовую закваску в необходимом количестве. Приготовление (или, как говорят на производстве, разведение) заново производственной закваски обычно включает три фазы.

В первой фазе разводочного цикла небольшое количество муки и воды замешивают с небольшим количеством производственной закваски предыдущего приготовления или взятой с другого хлебопекарного предприятия. Иногда при этом добавляют небольшое количество прессованных дрожжей. После нескольких часов брожения этой первой закваски ее освежают и увеличивают внесением дополнительного, уже большего, количества муки. Полученная таким образом вторая закваска после нескольких часов брожения освежается и пополняется добавлением еще большего количества муки и воды. Эта третья закваска после нескольких часов брожения представляет собой производственную закваску, готовую для использования в производственном цикле. Таким образом, в нашем примере в разводочном цикле приготовление ржаного теста включает 4 фазы: первая закваска — вторая закваска — третья закваска (она же в дальнейшем — производственная закваска) — тесто.

При выведении производственной закваски не только увеличивается ее количество, но в ней накапливаются в необходимых соотношениях дрожжевые клетки и кислотообразующие бактерии, а также значительное количество кислот. Кислотность производственной закваски обычно даже несколько выше требуемой конечной кислотности теста. После получения необходимого количества производственной закваски работу ведут в течение определенного времени по сокращенному производственному, обычно двухфазному циклу: закваска — тесто.

Если качество производственной закваски ухудшается (снижается скорость кислотонакопления или подъемная сила) или ухудшается вкус и другие свойства хлеба, приготовление теста по производственному циклу прекращают и производственные закваски готовят заново по полному разводочному циклу.

Опыт показывает, что ржаное тесто по сокращенному производственному циклу можно готовить месяцами, прибегая к полному обновлению заквасок путем применения разводочного цикла только при ухудшении их качества.

В разводочном цикле при приготовлении первой фазы — первой закваски можно вместо порции производственной закваски пред-

лучшего приготовления и прессованных дрожжей вносить соответствующее количество размноженных в лаборатории чистых культур соответствующих рас дрожжей и кислотообразующих бактерий. Такой метод был в свое время предложен центральной лабораторией Ленинградского треста хлебопечения и применяется на ряде хлебозаводов.

При разведении производственной закваски заново и при возобновлении ее в производственном цикле стремятся создавать условия (качество, температуру, длительность брожения), наиболее благоприятные для оптимального состава и состояния ее бродильной микрофлоры.

БРОДИЛЬНАЯ МИКРОФЛОРА РЖАНЫХ ЗАКВАСОК И ТЕСТА

Какие же виды бродильной микрофлоры типичны для ржаных заквасок?

В ржаных заквасках представлены дрожжи и кислотообразующие бактерии. Дрожжи в ржаных заквасках обычно встречаются даже тогда, когда их не вносят в первую фазу развощного цикла приготовления закваски. Это дрожжи, попавшие в закваску с мукой, водой или из воздуха и размножившиеся в закваске, представляющей собой благоприятную питательную среду.

Изучением дрожжевой микрофлоры ржаных заквасок занимался ряд исследователей. Наряду с дрожжами *Sacch. cerevisiae* и некоторым количеством отдельных разновидностей диких дрожжей в ржаных заквасках встречаются и дрожжи *Sacch. minor*. Это значительно более мелкие, круглые или несколько овальные дрожжи, имеющие optimum размножения при 25°C и кислотности 9—12 град. Они сбраживают глюкозу, фруктозу, сахарозу, но не сбраживают мальтозу. Хотя некоторые исследователи рассматривают этот вид дрожжей как специфический для ржаного теста, ставший таким в результате длительного естественного отбора, однако по распространенности, скорости размножения и интенсивности брожения в ржаных заквасках и тесте основную роль играют все же крупноклеточные овальные дрожжи *Sacch. cerevisiae*, адаптированные к повышенной кислотности теста и его кислотообразующей микрофлоре.

А. Шулц в числе 35 штаммов дрожжей, выделенных им из ржаных заквасок, нашел один штамм (P 11), обладающий свойствами, весьма ценными для приготовления ржаного теста. Эти дрожжи с крупными клетками округло-овальной формы были им названы заквасочными дрожжами.

В условиях ржаного теста, приготовляемого на молочнокислой закваске, эти заквасочные дрожжи за 3 ч брожения образуют CO_2 на 56% больше, чем такое же количество дрожжей прессованных хлебобулочных дрожжей. Бродильная активность этих штаммов заквасочных дрожжей не снижалась при повышении концентрации молочной кислоты в бродильной среде до 1%.

Бродильная активность обычных прессованных дрожжей в этих условиях заметно снижается.

Внесение этих дрожжей при приготовлении ржаного теста в закваску кислотообразующих бактерий повышает скорость кислотонакопления в тесте и одновременно снижает на 10—12% долю летучих кислот в общей кислотности теста.

Эти свойства устойчиво сохранялись заквасочными дрожжами при культивировании их после выделения из закваски.

Исследователями, изучавшими микрофлору ржаных заквасок и теста, из этих объектов выделено значительное количество различных представителей бактериальной кислотообразующей флоры.

Можно считать установленной значительную изменчивость как морфологических признаков, так и физиологических и биохимических свойств кислотообразующих бактерий заквасок и теста. Эти признаки и свойства кислотообразующих бактерий существенно изменяются в зависимости от состава и условий ведения заквасок, от методов выделения, состава сред, условий, применявшихся при культивировании и исследовании выделенных бактерий, и возраста культуры.

Различиям в этих факторах наряду с отличиями отдельных штаммов кислотообразующих бактерий следует объяснить то, что большинству исследователей, изучавших кислотообразующие бактерии заквасок, при характеристике морфологических признаков и биохимических свойств выделенных бактерий не удалось получить данных, точно совпадающих с данными предшествовавших исследований. Поэтому в ряде случаев выделенные бактерии рассматривались как вновь открытые, они получали новые произвольные наименования, присваиваемые им без какой-либо терминологической системы.

Следует также отметить, что в непрерывно освежаемых ржаных заквасках наряду со специфической кислотообразующей бактериальной флорой, установленной при данной системе ведения закваски, всегда присутствует известное количество весьма разнообразных бактерий, вносимых в закваску с мукой при освещении. Однако значительная часть этих бактерий затем подавляется специфическими для закваски кислотообразующими бактериями, поэтому для закваски эти бактерии являются временными и случайными.

Все это крайне затрудняет правильную классификацию и характеристику специфических кислотообразующих бактерий ржаных заквасок и теста.

Наибольшим признанием пользуется классификация кислотообразующих бактерий ржаных заквасок, предложенная Кнудсенем. Кнудсен классифицирует специфические кислотообразующие бактерии закваски следующим образом.

Группа А — молочнокислые бактерии чистого молочнокислого брожения; 1) *Streptobacterium plantarum*; 2) *Thermobacterium* (группа F).

Группа В — молочнокислые бактерии, образующие наряду с молочной кислотой и летучие кислоты; 3) *Betabacterium* α; 4) *Betabacterium* β; 5) *Betabacterium* γ.

Таким образом, к группе А относятся истинные (гомоферментативные) молочнокислые бактерии. *Streptobacterium plantarum* представляет собой короткие палочки толщиной около 1 и длиной 2—3 мкм. Оптимальная температура развития 30—35°C. Термобактерии группы F являются относительно длинными палочками толщиной около 1 и длиной 3—6 мкм и более. Оптимальная

температура развития 40—48°C. Эти бактерии близки к *Bact. Delbrueckii*.

К группе В отнесены бетабактерии, являющиеся неистинными (гетероферментативными) молочнокислыми бактериями, образующими наряду с молочной кислотой различные количества летучих кислот (в основном уксусной), спирта и углекислого газа (диоксида углерода).

Бетабактерии различны по длине. При толщине 1 мкм бетабактерия α имеют длину 2—4 мкм, бетабактерии β — 3—8 мкм и бетабактерии γ — около 3 мкм.

Оптимальная температура для бетабактерий лежит в пределах 25—30°C.

Классификация кислотообразующих бактерий заквасок, предложенная Г. Л. Селибером, в значительной части основывается на приведенной выше классификации Кнудсена.

Селибер делит кислотообразующие бактерии заквасок на следующие группы:

- 1) А (*Streptobacterium plantarum*);
- 2) В (*Betabacterium*);
- 3) С (*Thermobacterium*);
- 4) D (короткие и тонкие палочки);
- 5) E (коккообразные палочки);
- 6) F (*Bac. levans*).

Бактерии группы А (*Streptobacterium plantarum* по Кнудсену), по данным исследования М. Н. Тульчинского, Э. И. Шмидт и И. С. Салом (1938), в основном образуют молочную кислоту. Однако отдельные штаммы этих бактерий образуют в небольшом количестве (от 3,3 до 17,5% от общей кислотности) и уксусную кислоту. Газ эти бактерии не образуют. Оптимальная температура развития 25—30°C.

Бактерии группы В (*Betabacterium* по Кнудсену) наряду с молочной кислотой образуют значительное количество летучих кислот и газа в очень небольшом количестве спирта. Доля уксусной кислоты в общей кислотности, образуемой отдельными штаммами бактерий группы В, колеблется от 18,5 до 34,7% от общего содержания кислот. Отдельные штаммы образуют значительное количество газа (в основном диоксида углерода). Оптимальная температура 30—35°C.

Бактерии группы С (*Thermobacterium* по Кнудсену) образуют почти исключительно молочную кислоту. Доля уксусной кислоты не превышает 4,8—10%. Газ бактерии не образуют. Температурный оптимум лежит не ниже 35°C (это наиболее высокая температура, при которой в упомянутой выше работе изучалась жизнеспособность этих бактерий).

По данным Кнудсена, оптимум температуры для этих бактерий должен находиться в пределах 40—48°C.

Бактерии группы D — тонкие короткие палочки.

Бактерии группы E — коккообразные, при толщине 1 мкм имеют длину 1,1—1,5 мкм. Наряду с молочной кислотой образуют уксусную кислоту в количестве от 5 до 32,5% от общего содержания кислот. Оптимальная температура для одного из штаммов равна 25°C.

К группе F Селибер относит *Bac. levans*, упоминавшееся выше в качестве типичной представителя бактериальной флоры первых ступеней спонтанного брожения теста. Эти бактерии близки к бактериям группы *coli* и наряду с молочной кислотой образуют значительное количество летучих кислот, спирт, CO_2 , водород и незначительное количество азота.

Основную роль в ржаных заквасках Селибер и ряд других исследователей

отводят молочнокислым бактериям группы А, особенно кислото- и газообразующим бактериям группы В.

Для правильного понимания роли кислотообразующей микрофлоры ржаных заквасок и теста в технологическом процессе их приготовления важно отметить следующее.

Специфическая для ржаных заквасок и теста кислотообразующая микрофлора состоит из бактерий, относящихся к двум группам.

1. Истинные, или гомотроферментативные, молочнокислые бактерии, образующие в качестве основного продукта молочную кислоту.

Однако наряду с молочной кислотой бактерии этой группы образуют незначительное количество летучих кислот (в основном уксусную кислоту). Способностью газообразования эти бактерии не обладают.

Бактерии этой группы могут быть подразделены на две подгруппы. К первой относятся бактерии, имеющие температурный оптимум в пределах 25—35°C, — это *Streptobacterium plantarum* (по Кнудсену) и бактерии группы А (по Селиберу).

Ко второй подгруппе истинных молочнокислых бактерий можно отнести термофильные бактерии с температурным оптимумом, лежащим в пределах 40—55°C. К таким бактериям, близким к молочнокислым бактериям Дельбрюка, можно отнести *Thermobacterium* группы F (по Кнудсену) и бактерии группы С (по Селиберу).

Эти бактерии в заквасках и тесте играют роль только кислотообразователей. В разрыхлении теста они не участвуют, так как не образуют газа.

2. Неистинные, или гетероферментативные, молочнокислые бактерии, образующие наряду с молочной кислотой значительные количества летучих кислот (в основном уксусную кислоту) и газа (в основном диоксида углерода) и незначительное количество спирта.

Температурный оптимум бактерий этой группы лежит в пределах 30—35°C. Сюда относятся бетабактерии α , β и γ (по Кнудсену) и бактерии группы В (по Селиберу). Очевидно, в этой же группе относятся и бактерии закваски, выделенные Беккером. Эти бактерии в заквасках и тесте являются не только кислотообразователями, но и энергичными газообразователями, играющими существенную роль в разрыхлении ржаного теста.

Основное количество уксусной кислоты, накапливающейся в ржаных заквасках и тесте, образуется именно этими бактериями.

Наряду с кислотообразующими бактериями этих двух групп в ржаных заквасках и тесте всегда содержится известное количество бактерий типа *Bac. coli aerogenes* или близких им *Bac. levans*, также образующих наряду с молочной кислотой весьма значительное количество летучих кислот и газов (водорода, азота и диоксида углерода).

Однако эти бактерии, вносимые в закваски при освежении и в тесто при его замесе с мукой, не являются специфичными для за-

квасок. При непрерывном ведении заквасок они подавляются и вытесняются бактериями первых двух групп.

Г. Шпихер выделил из 36 образцов ржаных заквасок 226 штаммов молочнокислых бактерий (МКБ), которые были изучены по их морфологическим признакам и биохимическим свойствам.

На основе биохимических свойств выделенных штаммов МКБ Шпихер дал их классификацию, приводимую в табл. 17.

Таблица 17

Группа	Наименование молочнокислых бактерий	Количество штаммов данной группы, % к общему числу выделенных
Гомоферментативные МКБ		
I	<i>L. delbrueckii</i>	54,0
II	<i>L. leichmannii</i>	4,0
III	<i>L. fermentum</i>	1,8
IV	<i>L. casei</i>	41,1
		7,1
Гетероферментативные МКБ		
V	<i>L. brevis</i>	46,0
VI	<i>L. fermentum</i>	31,8
VII	<i>L. pasteurianum</i>	14,1
VIII	<i>L. buchneri</i>	4,9
		2,2

Представители гомоферментативных МКБ групп I—IV были обнаружены в 80,5% всех исследованных образцов заквасок (группы III—66,7% в группах I—11,3%). МКБ группы III, V и VI играют количественно основную роль в ржаных заквасках в тесте. В отношении МКБ группы (L. casei) и VII (L. pasteurianum) Г. Шпихер замечает следующее: «Сложилось ли оно вообще для ржаных заквасок?»

Гетероферментативные МКБ групп V—VIII были представлены в 63,5% заквасок (группы V—в 56% и VI—в 19,5%). В 36,1% образцов заквасок доминировали гомоферментативные МКБ; в 19,5% — гетероферментативные МКБ, и в 44,4% — и те и другие были представлены в примерно одинаковых количествах.

На основании технологической апробации Шпихер отмечает, что для получения хлеба со вкусом и ароматом, типичным для хорошего ржаного хлеба, необходимо наличие в закваске гетероферментативных МКБ. Шпихером было также установлено, что гетероферментативные МКБ групп V—VIII менее солеустойчивы, чем гомоферментативные МКБ групп I—IV.

Это позволяет предполагать, что добавление соли в закваски создает условия для преобладания гомоферментативных МКБ, в следовательно, в «смягчения» вкусового ощущения кислотности хлеба.

Какова связь между классификацией Шпихера и принятой у нас классификацией МКБ заквасок по Селиберу?

Группа А по Селиберу соответствует МКБ группы III по Шпихеру; группа В — группе V и группа С — группе I.

В отношении роли отдельных видов бродильной микрофлоры ржаных заквасок и теста, в состав которой входят дрожжи и кислотообразующие бактерии, целесообразно также отметить некоторые общие вопросы.

Какую роль в разрыхлении ржаного теста, приготовленного из заквасок, играют дрожжи и неистинные молочнокислые бактерии?

Некоторые исследователи (например, Холлигер и В. А. Циклаев) отрицают сколько-нибудь значительную роль кислотообразующих бактерий ржаного теста в его разрыхлении. Разрыхление ржаного теста, по их мнению, целиком обеспечивается углекислым газом, выделяемым в тесте дрожжами.

Большинство исследователей, не отрицая большой роли дрожжей в разрыхлении ржаного теста, отмечают и существенную роль в этом процессе кислото- и газообразующих бактерий.

Действительно, в ржаных заквасках и ржаном тесте, готовящихся при обычной температуре (не выше 30°C), в состав бродильной микрофлоры всегда входят наряду с дрожжами и неистинные молочнокислые бактерии, являющиеся энергичными газообразователями. Число этих бактерий во много раз превышает число дрожжевых клеток.

Еще М. Ф. Попов (1884), В. Л. Омелянский (1924), Г. Л. Селибер и его сотрудники показали в лабораторных условиях, что ржаное тесто может быть удовлетворительно разрыхлено и в результате приготовления на культурах одних кислото- и газообразующих бактерий. Работы в этом направлении велись не только в лабораторных, но и в производственных условиях Е. А. Гладковой и П. М. Плотниковым, М. И. Княгиничевым и З. И. Шмидт.

Следует отметить, что этими исследователями закваски и тесто готовились при повышенной температуре: Гладковой при 33—34°C, Плотниковым, Княгиничевым и Шмидт — при 35—37°C.

Существенным является также вопрос о соотношении в ржаных заквасках молочной и летучих кислот (в основном уксусной). Вкус хлеба в значительной мере зависит не только от общего количества в нем молочной, уксусной и других кислот, но и от их соотношения. Чем выше доля уксусной кислоты в общем содержании кислот в хлебе, тем резче выражен его кислый вкус. Однако и при слишком низком содержании уксусной кислоты вкус ржаного хлеба, особенно из обойной муки, не является полноценным. Доля уксусной кислоты в общей кислотности ржаного хлеба колеблется обычно от 20 до 40%.

Можно считать, что если более 30% общего содержания кислот ржаного хлеба приходится на долю летучих кислот, то вкус хлеба будет резко кислым даже при нормальном уровне общей титруемой кислотности.

Во вкусе ржаного хлеба не выяснена еще роль янтарной, яблочной, винной и лимонной кислот, доля которых в общей кислотности ржаного хлеба может доходить до 8%.

Молочная кислота, как уже отмечалось, благоприятно влияет на структурно-механические свойства ржаного теста и на пептизацию его белков. Поэтому практически важен вопрос о методах, которые при приготовлении ржаного теста могут быть использованы для регулирования соотношения в нем молочной и уксусной кислот.

Казалось бы, что наиболее эффективным путем достижения желаемого соотношения в тесте и хлебе молочной и уксусной кислот является зрительное (в развешенном цикле) заквасок на чистых культурах истинных и неистинных молочнокислых бактерий, взятых в определенных соотношениях. В течение первых нескольких дней работы по производственному циклу на таких заквасках в тесте действительно сохранялась преобладающая роль и заданное соотношение внесенных культур кислотообразующих бактерий.

Но уже через 3—4 дня состав кислотообразующей микрофлоры и соотношение молочной и уксусной кислот в тесте приближались к обычным, устанавливающимся спонтанно при данном режиме приготовления заквасок.

Поэтому более эффективным и устойчивым во времени способом регулирования состава бродильной микрофлоры и соотношения кислот в заквасках является изменение режима приготовления заквасок. Так, например, меняя соотношение в закваске муки и воды, можно влиять на соотношение в ней молочной и уксусной кислот. Чем меньше в закваске воды по отношению к муке, чем «крепче» она по консистенции, тем выше скорость общего кислото-накопления и доля уксусной кислоты в общей кислотности.

Внесение в закваску дрожжей, особенно кислотоустойчивых заквасочных, как уже отмечалось, также форсирует общее кислото-накопление и, наоборот, снижает долю уксусной кислоты. Это связано, очевидно, с образованием из диоксида углерода и накоплением в заквасках углекислоты.

Весьма эффективным способом изменения состава и свойств бродильной микрофлоры ржаных заквасок, а следовательно, и соотношения в них различных продуктов брожения является изменение температуры. Установлено, что повышение температуры заквасок от 25 до 40°C форсирует кислотонакопление в заквасках, одновременно повышая долю молочной кислоты в общей кислотности теста.

Наиболее вероятное объяснение этого явления состоит в том, что повышение температуры заквасок создает благоприятные условия для развития и жизнедеятельности термофильных истинных молочнокислых бактерий (термобактерий группы F по Кнудсену или бактерий группы C по Селиберу).

Следует отметить, что повышение температуры заквасок вызывает существенные изменения в их дрожжевой флоре. Размеры клеток уменьшаются, активность снижается, число дрожжевых клеток в определенном объеме закваски также уменьшается.

Повышение температуры жидкой закваски до 34°C при одно-

временном сокращении до 50—60 мин периода времени между отборами части готовой закваски и внесением соответствующего количества питательной среды приводило, по данным Е. А. Гладковой, к почти полному исчезновению в закваске дрожжевых клеток.

Следует, однако, отметить, что другие экспериментаторы, изучавшие микрофлору производственных заквасок, приготовленных при этом режиме, устанавливали наличие в них значительного количества дрожжевых клеток.

Повышение температуры закваски и теста (до 35—37°C) было использовано также Плотиновым, Книгиничевым и Шмидт при разработке технологии приготовления заквасок без дрожжей.

Весьма интересен, но, к сожалению, недостаточно изучен вопрос о биологических взаимоотношениях и взаимном влиянии в заквасках в тесте различных видов и разновидностей бродильной микрофлоры.

Выше уже отмечалось влияние дрожжей на кислотообразование в заквасках и тесте и влияние кислотообразующих бактерий в закваске на уменьшение размеров дрожжевых клеток при повышенных температурах.

Селибер, рассматривая вопрос о взаимодействии различных видов бродильной микрофлоры заквасок, отмечает, что влияние совместного культивирования дрожжей и кислотообразующих бактерий группы В может быть различным при разных количествах и соотношениях этих микроорганизмов в питательной среде. При одних соотношениях совместное культивирование этих микроорганизмов снижает коэффициент размножения дрожжей, при других нет.

Коэффициент размножения кислотообразующих бактерий группы В во всех случаях снижался при совместном культивировании их с дрожжами. В этой работе Селибер указывает на возможность прямого паразитирования молочнокислых бактерий на дрожжевых клетках с разрушением последних, особенно при повышенных температурах.

Селибер констатировал, что при определенных соотношениях совместное культивирование дрожжей и кислотообразующих бактерий, хотя и снижало коэффициент размножения дрожжей и бактерий, но одновременно форсировало кислотонакопление в питательной среде.

Это указывает на то, что совместная жизнедеятельность дрожжей и бактерий целесообразна не в заквасках, в которых большое значение имеет скорость размножения бродильных микроорганизмов, а в последней фазе — в тесте, где их размножение не имеет уже практического значения.

Несомненно то, что специфичные для ржаного теста кислотообразующие бактерии при более или менее длительном культивировании почти полностью вытесняют неспецифическую микрофлору муки. Основным фактором здесь, очевидно, является высокое содержание молочной кислоты в заквасках.

СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РЖАНОГО ТЕСТА

Известен ряд способов приготовления ржаного теста, различающихся по числу фаз и развodomому и производственному циклам, а также по рецепту и технологическому режиму приготовления отдельных фаз.

Детальное описание этих способов применительно к отдельным видам и сортам ржаного и ржано-пшеничного хлеба содержится в сборнике технологических инструкций [35] и в технологическом справочнике [30]. Поэтому здесь приводится весьма краткое описание в качестве примера лишь нескольких основных способов приготовления ржаного теста.

Тесто для ржаного хлеба из обойной муки готовится: на густых заквасках (головках), имеющих влажность около 50%; на менее густых заквасках (квасах) с влажностью до примерно 60% и на жидких заквасках с влажностью от 70 до 80% (например, на закваске И-1 и др.).

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТЕСТА НА ГУСТЫХ ЗАКВАСКАХ

Выведение закваски заново осуществляется по полному развodomому циклу, включающему приготовление следующих заквасок: 1) дрожжевой, 2) промежуточной, 3) основной, а на ней затем и производственной закваски.

Рецептура (в кг на 100 кг муки в производственной густой закваске) и параметры режима приготовления отдельных заквасок развodomого цикла приведены в табл. 18.

Таблица 18

Рецептура и режим	Закваска			
	дрожжевая	промежуточная	основная	производственная
Производственная закваска прошлого приготовления	1,0	—	—	—
Дрожжевая закваска	—	6,5	—	—
Промежуточная закваска	—	—	18,0	—
Основная закваска	—	—	—	56,0
Мука	2,8	6,5	22,2	68
Вода	2,6	5,0	15,8	45,5—46
Дрожжи прессованные	0,1	—	—	—
Начальная температура, °C	25—26	26—27	27—28	28—30
Длительность брожения, ч	3,5—4,5	4—4,5	4—4,5	3,5—4
Конечная кислотность, град	9—11	11—13	13—15	13—16

Влажность производственной густой закваски равна примерно 50%. Сокращенный производственный цикл приготовления теста включает две фазы: производственную густую закваску (головку) и тесто. Производственная густая закваска ведется непрерывно. Часть готовой закваски используется для ее возобновления, а на остальной части готовится тесто.

При сортировочном приготовлении ржаного теста в лежах густую закваску обычно делят на 3 (или 4) части. На 1/3 (или 1/4) готовят новую порцию закваски с добавлением соответствующего количества муки и воды. На остальных двух (или трех) частях готовят 2 (или 3) дежи теста.

Рецептура (в кг на 100 кг муки в тесте) и режим производственного цикла приготовления теста на густой закваске приводятся в табл. 19.

Таблица 19

Рецептура и режим	Производственная закваска	Тесто
Производственная густая закваска, кг	15	46
Мука, кг	18	74
Вода, кг	13	По расчету
Соль, кг	—	1,5
Начальная температура, °C	28—29	30—31
Длительность брожения, ч	3,5—4,0	1,5—1,75
Конечная кислотность, град	13—16	10—12

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТЕСТА НА МЕНЕЕ ГУСТЫХ ЗАКВАСКАХ

В развodomый цикл выведения менее густой закваски (кваса) входит приготовление следующих заквасок: 1-я закваска — дрожжевая, 2-я закваска — полуквас и 3-я закваска — производственная менее густая закваска (квас).

Рецептура (в кг на 100 кг муки в производственной менее густой закваске) и параметры режима приготовления отдельных заквасок развodomого цикла приведены в табл. 20.

Таблица 20

Рецептура и режим	Закваска развodomого цикла		
	1-я (дрожжевая)	2-я (полуквас)	3-я (квас)
Производственная закваска (квас) прошлого приготовления, кг	2,0	—	—
1-я закваска (дрожжевая), кг	—	15,0	—
2-я закваска (полуквас), кг	7,0	20,0	50,0
Мука, кг	6,0	15,0	54,0
Вода, кг	0,15	—	—
Дрожжи прессованные, кг	27—28	27—28	28—29
Начальная температура, °C	4—4,5	3,5—4	3,0—3,5
Длительность брожения, ч	10	10—11	11—12
Конечная кислотность, град	—	—	—

В производственном цикле 2/3 производственной закваски (кваса) обычно расходуется на приготовление теста, а 1/3 — на приготовление новой ее порции.

Рецептура (в кг на 100 кг муки в тесте) и режим производственного цикла приготовления теста на менее густой закваске приведены в табл. 21.

Рецептура и режим	Продуктивные показатели (коэф.)	Тесто
Производственная закваска, кг	20,0	76,0
Мука, кг	32,0	58,0
Вода, кг	24,0	По расчету
Соль, кг	—	1,5
Начальная температура, °С	28—29	28—30
Длительность брожения, ч	3—3,5	0,8—1,2
Конечная кислотность, град	11—12	9—12

Указанные в приведенных выше таблицах количества густой закваски и теста, а также и менее густой закваски и теста в производственной практике в известной степени изменяются с учетом таких условий, как время года и температура в тестоприготовительном цехе, бродильная активность закваски, необходимость форсирования или замедления процесса брожения теста.

На ряде предприятий ржаное тесто готовят, как отмечено выше, и на более текучих и легко транспортируемых по трубопроводу жидких заквасках.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТЕСТА НА ЖИДКОЙ ЗАКВАСКЕ И-1

Технологом Ивановского треста хлебопекарной промышленности Ф. В. Тропиным было предложено готовить жидкую закваску с внесением в нее в развочном цикле молочнокислых бактерий группы В (по Селиберу) штаммов И₃₀ и И₃₅ и дрожжей.

Питательной средой при приготовлении закваски И-1 также является смесь осажаренной мукой заварки, воды и муки. Отбор готовой закваски производится тоже в количестве 50%, через каждые 2 ч.

Температуры приготовления закваски И-1 при применении молочнокислых бактерий штамма И₃₀ 28—29°C, а при применении штамма И₃₅ 33—34°C. В обоих вариантах конечная кислотность закваски достигает 9,5—11 град.

При приготовлении теста на закваске И-1 закваску вносят 50% к количеству муки в тесте, тесто готовится с начальной температурой 28—29°C и выбраживает в течение 120 мин. Конечная кислотность теста 9—10 град.

Закваска И-1₂ вносят 45%, тесто готовят с начальной температурой 33—34°C. Конечная кислотность теста при этом достигает 10—11 град.

Вариант закваски И-1₂ расценивается на применение в зимнее время, когда поддержание повышенной температуры закваски может быть затруднительным. Дегустационная оценка хлеба на закваске И-1₂ была выше.

На ряде предприятий тесто на закваске И-1 готовят также на безопасных агрегатах ХТР.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ЖИДКИХ ЗАКВАСОК НА ЛЕНИНГРАДСКИХ ШТАММАХ БРОДИЛЬНОЙ МИКРОФЛОРЫ

Около полувека назад в центральной лаборатории Ленинградского треста хлебопечения были начаты исследования микробиологии и биохимии бродильной микрофлоры ржаных заквасок с

целью совершенствования технологии их приготовления. Эти исследования продолжались и после превращения этой центральной лаборатории в Ленинградское отделение ВНИИХП.

На основе этих исследований выделялись наиболее перспективные разновидности и штаммы МКБ и дрожжей, чистые культуры которых затем использовались для выведения на них ржаных заквасок, предназначенных для приготовления ржаного и ржано-пшеничного теста и хлеба.

Отбирались, проверялись, испытывались и внедрялись в производство оптимальные способы и параметры приготовления заквасок и теста для этих видов хлеба.

Активными участниками и руководителями этих работ были в начальном их периоде П. М. Платонов, М. И. Квигиничев, З. И. Шмидт.

Уже многие годы проведение этих работ и исследований возглавляется Л. Н. Казанской.

На основе анализа и обобщения результатов этих многолетних исследований ЛО ВНИИХП была разработана унифицированная технологическая инструкция по приготовлению ржаных сортов хлеба с применением ленинградских штаммов на густых и жидких заквасках, утвержденная Упрхлебом Минпищепрома СССР 26 июня 1982 г.

Инструкция включает описание, рецептуры и технологические параметры всех этапов развочного и производственного цикла, приготовления теста для хлеба ржаного (из обойной и обдирной муки) и ржано-пшеничного (из тех же сортов ржаной муки и пшеничной муки обойной и II сорта). Детально описаны четыре способа приготовления теста: 1) на густой закваске, готовящейся без заварки; 2) на жидкой закваске без заварки; 3) на жидкой закваске с применением самоосахаренной заварки и 4) на жидкой закваске, приготовляемой без заварки, с приготовлением на ней опары, а на опаре — теста. При приготовлении теста для ржано-пшеничного хлеба закваски готовятся только из ржаной муки.

Закваски как для ржаного, так и для ржано-пшеничного хлеба в развочном цикле выводятся на чистых культурах гомо- и гетероферментативных МКБ и дрожжей¹.

При всех четырех способах развочный цикл приготовления закваски включает три стадии, последняя из которых уже производственная закваска. Производственный цикл приготовления теста при способах 1, 2 и 3 — двухфазный (закваска — тесто), а при способе 4 — трехфазный (закваска — опара — тесто).

Способ 2 применяется не только в нашей хлебопекарной промышленности, но уже ряд лет по соответствующей лицензии используется в Финляндии.

ЛО ВНИИХП совместно с Горьковским НИИ эпидемиологии и микробиологии создан для применения при производстве хлебных заквасок препарат сухой лактобактерин (а. с. № 730334, опубликовано в Б. И., 1980, № 61).

¹ Разновидности и штаммы их, рекомендуемые при разных способах приготовления теста, см. в Инструкции.

Этот препарат получают высушиванием чистых культур МКБ, Ленинградских штаммов, сочетания которых различны в препаратах для приготовления заквасок: густых, жидких и термофильных (для заквашивания заварки).

Препарат производится в виде таблеток, способных сохраняться до 12 мес при температуре от 4 до 6—10°C.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТЕСТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЖИДКОЙ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ МОЛОЧНОКИСЛОЙ ЗАКВАСКИ

Управляб Миппицедрома СССР на основе работ, проведенных во ВНИИХПе и его Ленинградском отделении, 15 апреля 1980 г. утвердил технологическую инструкцию по приготовлению хлеба из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки с применением жидкой концентрированной молочнокислой закваски (КМКЗ) и прессованных или жидких дрожжей.

Инструкция предусматривает приготовление с применением КМКЗ теста для ряда сортов хлеба из муки ржаной (обойной и обдирной) и из смеси ржаной и пшеничной муки.

Инструкция допускает приготовление теста: в две фазы (КМКЗ плюс дрожжи — тесто) и в три фазы (КМКЗ плюс дрожжи — опара — тесто). При этом в инструкции отмечается, что трехфазный вариант приготовления теста по сравнению с двухфазным требует меньшего расхода КМКЗ и дрожжей и в то же время обеспечивает получение хлеба лучшего качества по состоянию пористости, вкусу и аромату.

Указывается и на то, что данная технология тестоприготовления рекомендована в первую очередь для хлебопекарных предприятий с двухсменным режимом работы или объемом выпечки два сдв, так как КМКЗ в нерабочее время благодаря ее высокой кислотности (18—22 град) «самоконсервируется».

Приведена в инструкции и аппаратурно-технологическая схема приготовления ржаного и ржано-пшеничного теста с применением КМКЗ и использованием соответствующего обычного серийно выпускаемого оборудования.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА РЖАНУЮ ЖИДКУЮ ЗАКВАСКУ УЛЬТРАЗВУКОМ

Одним из возможных путей ускорения приготовления ржаного теста на жидкой закваске является воздействие на нее ультразвуком. Исследования, проведенные в Воронежском технологическом институте¹, показали, что 3—4-минутная обработка жидкой закваски ультразвуком при частоте колебаний 20 кГц ускоряет приготовление на ней теста на 25—30 мин и улучшающе влияет на качество хлеба.

АППАРАТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ РЖАНОГО ТЕСТА

Еще несколько десятков лет тому назад ржаное и ржано-пшеничное тесто, как и пшеничное тесто, готовилось порционно в подкатных, вручную перемешиваемых дежах с применением дозиру-

¹ Твердохлеб Л. Л., Кем Л. В. Интенсивность брожения ржаного теста при обработке жидких заквасок ультразвуком. — Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1982, № 6, с. 30—33.

шей аппаратуры и тестомесильных машин периодического действия.

За последние годы разработаны и все шире применяются бездежевые комплексно-механизированные агрегаты для порционного и непрерывно-поточного приготовления как ржаных заквасок, так и теста на них.

К числу таких агрегатов можно отнести бункерные агрегаты Н. Ф. Гатилина (БАГ), исключающие применение и перемещение вручную дежу с закваской и тестом. Ряд таких бункерных агрегатов, в том числе И8-ХАГ-6, являющийся агрегатом непрерывного действия, охарактеризованы в главе V. Агрегат И8-ХАГ-6 используется для приготовления ржаного теста как на густой, так и на жидкой закваске (см. [5], с. 98—100).

Для бездежевого приготовления ржаного теста используются и агрегаты непрерывного действия, разработанные А. М. Хреновым [20].

Для непрерывного приготовления ржаного теста на жидкой закваске во ВНИИХПе был разработан агрегат непрерывного действия, установленный и эксплуатируемый на Тартуском хлебокомбинате (см. [5], с. 101).

На хлебозаводе Таллинского хлебокомбината [5] уже ряд лет успешно эксплуатируется изготовленный в ВНР агрегат ФТК для непрерывно-поточного приготовления на жидкой закваске теста из ржаной (обдирной) муки. В этом агрегате предусмотрен холодильник для охлаждения жидкой закваски.

Глава VII

Разделка теста

При производстве пшеничного хлеба и хлебобулочных изделий разделка теста включает: деление теста на куски, округление этих кусков, предварительную, или промежуточную, расстойку, окончательное формование изделий и окончательную расстойку тестовых заготовок.

Разделка ржаного теста включает деление его на куски, формование кусков теста и одну (окончательную) расстойку тестовых заготовок.

ДЕЛЕНИЕ ТЕСТА НА КУСКИ

На хлебозаводах деление теста на куски, как правило, производится на тестоделительных машинах.

Масса куска теста устанавливается исходя из заданной массы штуки хлеба или хлебобулочного изделия. При этом учитывают потери в массе куска теста при его выпечке (упек) и штуки хлеба при остывании и хранении (усыхание). Отклонения массы от

дельных кусков теста от установленной должны быть минимальными. Значительные отклонения недопустимы даже при выработке хлеба, продаваемого не штуками, а по массе. Резко разнящиеся по массе куски теста будут расставаться и выпекаться с различной скоростью, что неминуемо вызовет и заметные различия в качестве хлеба. Точность работы тестоделительных машин приобретает особое значение при выработке штучного хлеба и хлебобулочных изделий, колебания в массе которых не должны превышать $\pm 2,5\%$ от установленной величины.

Из этого не следует, что тестоделительные машины для выработки штучного хлеба и хлебных изделий, дающие отклонения в массе отдельных кусков теста не более $\pm 2,5\%$, являются удовлетворительными по точности деления.

На отклонения в массе штучного хлеба, помимо отклонения в массе кусков теста, влияют еще и такие факторы, как неравномерность упека при выпечке хлеба и усыхания его при хранении. Поэтому тестоделительные машины, предназначенные для выработки штучного хлеба, должны давать куски теста, отклонения в массе которых не будут превышать $\pm 1,5\%$.

ОКРУГЛЕНИЕ КУСКОВ ТЕСТА

Округление кусков теста, т. е. придание им шарообразной формы, обычно осуществляется сразу же после деления теста на куски. Эта операция при выпечке круглых подохов изделий является операцией окончательного формирования кусков теста, после которой они поступают на окончательную и в данном случае единственную расстойку. Так обстоит дело при производстве круглых булочек и круглого подохов хлеба.

При производстве многих видов изделий из пшеничной муки высшего, I и II сортов (батонов, булок, плетеных и витых изделий, розанчиков, рожков, подковок и т. п.) округление является лишь первой, промежуточной стадией формирования изделия, за которой следует промежуточная, или предварительная, расстойка округленных кусков теста.

В этом случае операция округления (при ручном осуществлении носящая название подкатки) имеет целью улучшение структуры теста, способствующее получению изделий с более мелкой и равномерной пористостью мякиша.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РАССТОЙКА

Между операциями округления и окончательного формирования кусков пшеничного теста должна иметь место предварительная, или промежуточная, расстойка. Округленные куски теста должны находиться в состоянии покоя в течение 5—8 мин.

В результате механических воздействий, оказываемых на тесто в процессе деления на куски и последующего округления, в нем

возникают внутренние напряжения и частично разрушаются отдельные звенья клейковинного структурного каркаса.

Если округленные куски теста сразу же передать на закаточную машину, которая оказывает весьма интенсивное механическое воздействие на тесто, то структурно-механические свойства его могут ухудшаться. В процессе предварительной расстойки внутренние напряжения в тесте релаксируются (явление релаксации), а разрушенные звенья структуры теста частично восстанавливаются (явление тиксотропии).

В итоге структурно-механические свойства теста, его структура и газодерживающая способность улучшаются. Это приводит к некоторому увеличению объема готовых изделий и улучшению структуры и характера пористости мякиша.

Наблюдения, проведенные на ленинградских хлебозаводах, показали, что применение предварительной расстойки кусков теста заметно увеличивает объем батонов.

Английскими исследователями было экспериментально изучено значение округления в предварительной расстойке при современных схемах непрерывного приготовления теста с применением интенсивной дополнительной механической обработки уже замешенного теста. В этих схемах, например на тестоприготовительном агрегате «Ду-Мэйкер», тесто на выходе из окончательного тестобразователя делится на куски, которые сразу же укладываются в формы для окончательной расстойки. Операция округления, предварительной расстойки и окончательного формирования кусков теста на закаточной машине при этом исключаются.

Для получения на установке «Ду-Мэйкер» хлеба, по объему, структуре и характеру пористости удовлетворяющего требованиям английского потребителя, было признано целесообразным куски теста, полученные на выходе из окончательного тестобразователя, подвергать короткой предварительной расстойке, округлению и окончательному формированию на закаточной машине. При этом оптимальное удельное количество замеса снижалось вдвое.

Брожение в округленных кусках теста в период их предварительной расстойки не играет практически значимой роли. Поэтому для этой стадии технологического процесса не нужно создавать особых температурных условий. Не требуется также и увлажнения воздуха. Некоторое подсыхание поверхности кусков теста при предварительной расстойке даже желательно, так как облегчает последующее прохождение их через закаточную машину.

На тесторазделочных поточных линиях предварительная расстойка производится в ленточных или цепных люлечных шкафах для расстойки непрерывного действия. Иногда первая расстойка осуществляется на длинных ленточных транспортерах, передающих куски теста от округлителя к закаточной машине.

ПРИДАНИЕ КУСКАМ ТЕСТА ТРЕБУЕМОЙ ФОРМЫ

После предварительной расстойки округленным кускам теста придают форму, характерную для готовых изделий данного сорта. Так, например, для получения обычных батонов из круглого куска теста необходимо сформовать цилиндрический кусок теста с тупыми округлыми концами. Для городских булок необходимо полу-

чить более короткие куски теста, цилиндрические в средней части и с заостренными концами.

Куски теста цилиндрической формы обычно получают на закаточных машинах.

Для формования уже округленных кусков пшеничного теста после их предварительной расстойки применяются закаточные машины ряда марок, в которых кусок теста сначала раскатывается вальцами в продолговатый блин, затем свертывается в трубку, которая позже подвергается раскатке. Прямое раскатывание округленных кусков пшеничного теста до приобретения ими формы батона без предварительной раскатки куса теста в блин и свертывания его в трубку не обеспечивает достаточной проработки теста. Такие батоны имеют заметно худшую, менее однородную и неравномерную пористость.

Для получения тестовых заготовок цилиндрической формы из ржаного теста применяются ленточные закаточные машины, в которых кусок теста раскатывается между транспортными лентами, движущимися в разные стороны с различной скоростью.

Для окончательного формования тестовых заготовок для рожков (рогаликов) и розанчиков созданы специальные машины.

ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ РАССТОЙКА

В процессе формования кусков теста из них почти полностью вытесняется углекислый газ (диоксид углерода). Если сформованный кусок теста сразу же посадить в печь, то хлеб выйдет с плотным, очень плохо разрыхленным мякишем, с разрывами и трещинами на корке. Для получения хлеба с хорошо разрыхленным мякишем сформованные куски теста подвергаются расстойке.

Для кусков пшеничного теста, уже прошедших предварительную расстойку, это будет вторая, окончательная, расстойка. Для тестовых заготовок из ржаного теста это будет первая и одновременно окончательная расстойка.

Во время окончательной расстойки в куске теста происходит брожение. Выделившийся при этом диоксид углерода разрыхляет тесто, увеличивая его объем. При расстойке кусков теста для подовых изделий на досках или листах одновременно с увеличением объема кусков изменяется и их форма: они в большей или меньшей мере расплываются.

В отличие от предварительной расстойки окончательная расстойка должна проводиться в атмосфере воздуха определенной температуры (в пределах 35—40°C) и относительной влажности (в пределах 75—85%). Повышенная температура воздуха ускоряет брожение в расстаивающихся кусках теста. Достаточно высокая относительная влажность необходима для предотвращения образования на поверхности кусков теста высушенной пленки — корочки.

Высушенная пленка (корочка) в процессе расстойки или выпечки обычно разрывается вследствие увеличения объема теста, что при-

водит к образованию на поверхности хлеба разрывов и трещин. Готовность кусков теста в процессе расстойки обычно устанавливается органолептически, на основании изменения объема, формы и структурно-механических свойств расстаивающихся кусков теста. Умение правильно определять готовность кусков теста в расстойке требует опыта и практического навыка. К сожалению, еще не разработаны достаточно проверенные объективные методы этого определения.

Как недостаточная, так и избыточная расстойка отрицательно сказывается на качестве хлеба.

Если посадить в печь три батона из пшеничной муки, из которых один имел явно недостаточную, другой нормальную, а третий избыточную расстойку, то после выпечки эти батоны будут резко отличаться один от другого.

Батон с недостаточной расстойкой будет иметь в разрезе почти круглую форму, батон с нормальной расстойкой — слегка овальную, переходящую в округлую от нижней корки к бокам, а батон с избыточной расстойкой будет сильно расплывшимся и плоским. Кроме того, хлеб с недостаточной расстойкой обычно имеет трещины, через которые иногда выпирает мякиш.

Формовой хлеб при недостаточной расстойке имеет сильно округлую верхнюю корку, обычно подорванную вдоль боковой или боковых стенок; при чрезмерной расстойке, наоборот, верхняя корка посередине вогнута. Кроме того, при крутом тесте (как в подовом, так и в формовом хлебе) недостаточная расстойка может вызвать появление разрывов внутри мякиша.

Длительность расстойки сформованных кусков теста колеблется в весьма широких пределах (от 25 до 120 мин) в зависимости от массы кусков, условий расстойки, рецептуры теста, свойств муки и ряда других факторов.

Опытами, проведенными под руководством Н. Н. Журавлева, было показано, что температура и относительная влажность воздуха весьма значительно влияют на длительность расстойки.

Повышение температуры воздуха с 30 до 45°C при относительной его влажности 80—85% сокращало длительность расстойки на 23—30%.

Повышение относительной влажности воздуха с 65 до 85% при температуре 35°C вызывало ускорение расстойки примерно на 20%. Наибольшее ускорение расстойки наблюдалось при повышении температуры воздуха до 45°C и относительной влажности до 90%. Однако относительную влажность воздуха не следует поддерживать выше 85%, так как это может привести к прилипанию кусков теста к доскам или карманам люлек, в которых идет расстойка.

Установлено также, что чем выше температура воздуха в камере для расстойки, тем соответственно ниже может быть относительная влажность воздуха. Скорость воздуха в расстойных камерах не должна быть слишком большой.

В работах, проведенных в МТИППе и ВНИИХПе, изучались факторы, обуславливающие формоудерживающую способность тест-

тоших заготовок, от которой при производстве лодовых изделий зависит длительность расстойки и форма (Н:Д) готовых изделий. Было установлено, что формоудерживающая способность тестовой заготовки связана с численными значениями коэффициента поверхностного натяжения на границах: тесто—воздух и плоскость—тесто.

В работах ВНИИХПа было исследовано также и разрыхление тестовых заготовок, связанное с коэффициентом газопроницаемости и толщиной в тесте межпоровых стенок.

Было изучено влияние на величины указанных показателей механической обработки теста. Усиленная обработка увеличивала прочность, понижала газопроницаемость межпоровых стенок и в связи с этим при увеличении длительности расстойки приводила к повышению разрыхленности и увеличению объема изделий.

Изучалось влияние добавок поверхностно-активных веществ (они снижали величины коэффициента поверхностного натяжения), жироводных эмульсий, влажности теста, параметров воздуха и других факторов.

На основе производственной практики и проведенных исследований можно отметить, что длительность расстойки тестовых заготовок увеличивается при применении сильной муки, при понижении влажности и температуры теста, при внесении в тесто значительных количеств жира и сахара, уже тормозящих процесс брожения, при усилении механической обработки теста, при применении ускорителей окислительного действия, при уменьшении массы тестовых заготовок и при снижении температуры и влажности воздуха для расстойки.

На современных тесторазделочных поточных линиях окончателная расстойка производится в конвейерных шкафах для расстойки. Разработаны, производятся и применяются на заводах хлебозаводов конвейерные шкафы для окончателной расстойки тестовых заготовок для различных видов хлеба и хлебных изделий, различных типов, конфигураций и типоразмеров. На ряде предприятий окончателная расстойка тестовых заготовок производится в вазонетках в специальных камерах для расстойки.

Как в конвейерных шкафах, так и в камерах для окончателной расстойки параметры воздуха (температура и относительная влажность) должны быть оптимальными для протекания процесса расстойки и качества готовых изделий. Для автоматического поддержания параметров воздуха в шкафах и камерах для расстойки лабораторией кондиционирования воздуха ВНИИХПа созданы специальные технологические кондиционеры, серийно изготавливаемые машиностроительной промышленностью.

АППАРАТУРНЫЕ СХЕМЫ РАЗДЕЛКИ ТЕСТА

Существует целый ряд аппаратурных схем процесса разделки теста для производства формового или лодового хлеба, пшеничных батонов, мелкоштучных и других хлебобулочных изделий.

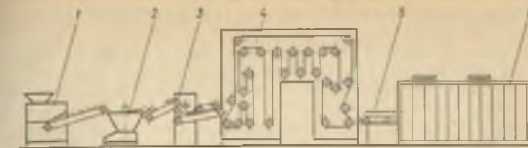


Рис. 28. Тесторазделочная часть механизированной линии ВНИИХПа для производства пшеничных батонов:

1 — тесторазделочная машина АЗ-ХТ1Н; 2 — тестокругляющая машина Т1-ХТ2-3; 3 — тестокругляющая машина Т1-ХТ2-3; 4 — конвейер для расстойки ШЗ-ХР6; 5 — надрезчик; 6 — тоннельная печь ТХС-25М

На рис. 28 в качестве примера приведена схема тесторазделочного агрегата ВНИИХПа с ленточной печью туннельного типа, предназначенного для выработки пшеничных батонов (0,4—0,5 кг) из пшеничной сортовой муки. Для производства батонов применяются и тесторазделочные агрегаты ВНИИХПа с люлечно-подковыными печами ФТЛ-2, снабженные автоматическими посадчиками и надрезчиками расстойшихся тестовых заготовок. На Дарницком хлебозаводе Киева создана комплексно-механизированная тесторазделочная линия для производства круглого пшеничного хлеба массой 1 кг.

Разработаны во ВНИИХПе и УкрНИИпродмаше тесторазделочные поточные линии для производства мелкоштучных булочных и лодовых изделий. Подробное описание этих тесторазделочных линий, а также отдельных машин для проведения операций по разделке теста приводится в курсе оборудования в специальной литературе [4, 5, 7, 20 и др.].

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ПРИЛИПАНИЯ ТЕСТА В ПРОЦЕССЕ ЕГО РАЗДЕЛКИ

Тесту свойственна способность прилипания (адгезии) к рабочим поверхностям тесторазделочного оборудования, с которыми оно находится в контакте. Куски теста могут прилипать к транспортерным лентам, к рабочим поверхностям конусообразной чаши и спиралевидного желоба округлятелей, к чехлам люлек шкафов для расстойки, к поверхностям раскатывающих тесто валков и других рабочих органов закатоных машин. Это вызывает необходимость подсыпки мукой или смазки маслом и дополнительные непроизводительные затраты этих видов сырья.

При разделке ржаного теста для выработки формового хлеба этот вопрос практически решался производителями путем применения прорезиненных транспортерных лент и смачивания их поверхности и кусков теста опрыскиванием водой.

При разделке пшеничного теста из сортовой муки этот путь неэффективен. В связи с этим большой технико-экономический ин-

терес представляют возможные пути снижения прилипания пшеничного теста в процессе его разделки.

По предложению М. К. Горюшенко с 1958 г. начала применяться обдувка теплым (28—30°C) воздухом тестовых заготовок на пути от делителя к округлителю, при поступлении и выходе из округлителя, перед поступлением в закаточную машину, при прохождении через нее и на выходе из нее. Это позволило полностью устранить или резко сократить расход муки на подсыпку.

Другой путь был предложен и разработан во ВНИИХП с участием акад. К. А. Андрианова и Киевского СКБ Продмаш. Этот путь предусматривает покрытие рабочих поверхностей тесторазделочного оборудования, соприкасающихся с тестом, антиадгезионными и гидрофобными полимерными материалами в сочетании с применением обдувки воздухом. Была рекомендована и осуществлена обработка транспортных лент и матерчатых чехлов люлек шкафов для расстойки кремнийорганической жидкостью ГКЖ-94, придающей обработанному материалу гидрофобные свойства.

В сочетании с обдувкой кусков теста воздухом осуществление этих мероприятий позволяет практически исключить расходование муки на подсыпку и способствует улучшению характера поверхности готовых хлебобулочных изделий.

Глава VIII

Выпечка

Выпечка — это процесс прогрева расстойившихся тестовых заготовок, при котором происходит переход их из состояния теста в состояние хлеба.

Для выпечки хлеба и хлебных изделий обычно применяются печи, в которых теплота выпекаемой тестовой заготовки¹ передается термонизлучением и конвекцией при температуре теплоотдающих поверхностей 300—400°C и паровоздушной среды пекарной камеры 200—250°C.

Часть теплоты ВТЗ воспринимает прямой теплопроводностью (кондукцией) от нагретого пода (подпыка), на который помещается расстойившаяся тестовая заготовка.

В современных конструкциях хлебопекарных печей под (или подпыки — в люлечных печах), так же как и ВТЗ, прогревается термонизлучением и конвекцией. При этом интенсивность лучистой теплопередачи в 2—3,5 раза больше интенсивности теплопередачи конвективности. Поэтому выпечку в обычных хлебопекарных печах

¹ В литературе по выпечке хлеба, да и в прошлых изданиях учебника, сформованная тестовая заготовка с момента ее поступления в пекарную камеру до момента выхода из нее условно называлась «тесто — хлеб».

Нам представляется, что логичнее и точнее говорить и писать о «выпекаемой тестовой заготовке», сокращенно обозначая ее заглавными буквами — ВТЗ.

можно рассматривать как в основном радиационно-конвективный процесс прогрева ВТЗ.

Типы, конструкции и методы расчета хлебопекарных печей описываются в специальной литературе [3, 5, 8, 15, 20, 28, 33 и др.]. Поэтому в настоящей главе рассматривается лишь сущность процессов, происходящих при выпечке хлеба.

ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКЕ ПРИ ВЫПЕЧКЕ

Если судить о процессе выпечки по внешним, зрительно воспринимаемым изменениям, которые претерпевает ВТЗ в пекарной камере, то можно отметить, что сразу же после помещения в пекарную камеру она начинает быстро увеличиваться в объеме. Спустя определенное время прирост ее объема резко замедляется и затем прекращается. Достигнутые к этому моменту объем и форма ВТЗ сохраняются практически неизменными до конца выпечки.

Поверхность ВТЗ вскоре после помещения ее в пекарную камеру покрывается тонкой высохшей пленкой, постепенно переходящей во все более утолщающуюся корку. Окраска корки ВТЗ в процессе выпечки непрерывно изменяется, становясь все темнее.

Если через разные промежутки времени разрезать (или разламывать) ВТЗ, помещенные в пекарную камеру, то можно отметить постепенное утолщение и затвердевание корочки, приобретающей в разрезе все более темную окраску.

Под корочкой по мере протекания процесса выпечки будет наблюдаться образование из теста все более и более утолщающегося слоя сравнительно упругого, способного стойко сохранять структуру и сравнительно сухого на ощупь мякиша.

В центре ВТЗ будет оставаться уменьшающееся по мере утолщения слоя мякиша количество теста. Незадолго до конца выпечки вся центральная часть ВТЗ переходит из состояния теста в состояние мякиша.

В процессе выпечки хлеба эластичность, прочность структуры и сухость его мякиша на ощупь повышаются сначала в слоях, прилегающих к корке, а затем постепенно и в центре хлеба.

Этим, пожалуй, и ограничивается перечень того, что внимательный наблюдатель может органолептически установить в изменениях ВТЗ при ее выпечке.

Все эти изменения, характеризующие переход тестовой заготовки в процессе ее выпечки в хлеб, являются результатом целого комплекса процессов — физических, микробиологических, коллоидно-химических и биохимических.

ПРОГРЕВ ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ В ПРОЦЕССЕ ВЫПЕЧКИ

Основным процессом, являющимся, по существу, первоначальной всех остальных процессов и изменений, происходящих при выпечке хлеба, является прогрев ВТЗ, помещенной в пекарную ка-

меру, в результате теплообмена с теплоотдающими элементами пекарной камеры и паровоздушной смесью, заполняющей ее.

Рассматривая прогрев ВТЗ при выпечке, мы остановимся на способах передачи ей теплоты, на изменении во времени и пространственном распределении температуры в ней и на факторах, обуславливающих скорость ее прогрева.

Способы передачи теплоты выпекаемой тестовой заготовке

Как было отмечено выше, теплота передается ВТЗ излучением, конвекцией и кондукцией (прямой теплопроводностью) непосредственно от пода или поддона.

Относительная роль передачи теплоты ВТЗ каждым из перечисленных выше способов зависит от конструктивных особенностей и режима работы пекарной камеры. Основная роль, однако, во всех случаях остается за передачей теплоты излучением.

При температуре теплоотдающих поверхностей порядка 300—400°C длина волны излучения абсолютно черного тела, соответствующая максимуму излучения, находится в пределах 5—4,3 мкм. Эти величины длины волны электромагнитных колебаний лежат в области невидимого глазом инфракрасного излучения, которая охватывает колебания с длиной волны от 0,77 до 340 мкм.

Наименьшей, практически мало существенной является доля теплоты, передаваемой в процессе выпечки ВТЗ путем конвективного теплообмена с газовой средой пекарной камеры. Роль этого вида передачи теплоты может возрасти в печах с побудительной циркуляцией газов в пекарной камере.

Существенное значение в передаче теплоты ВТЗ в первый период ее выпечки может, как мы увидим ниже, иметь теплота конденсации паров паровоздушной смеси пекарной камеры на поверхности и в поверхностном слое ВТЗ, посаженной в печь.

Изменение температуры тестовой заготовки в процессе выпечки

Изменение температуры различных слоев ВТЗ в процессе выпечки вызывает и обуславливает протекание в этих слоях ВТЗ тех процессов, которые приводят к образованию из куска теста готового хлеба. Именно поэтому изучение изменения температуры различных слоев ВТЗ издавна привлекало внимание исследователей и нашло отражение во многих работах.

Исходя из данных экспериментальных работ последних лет, их анализ и принятых нами представлений о механизме процесса выпечки, мы представили в виде графика (рис. 29) изменения в процессе выпечки температуры отдельных слоев ВТЗ.

На этом графике, составленном для иллюстрации выпечки при постоянной температуре (250°C) в неувлажненной пекарной камере, на оси абсцисс отложено время выпечки (t_0 — значение времени в момент начала выпечки; $t_{\text{пот}}$ — значение времени в момент

готовности хлеба). На оси ординат отложены значения температуры (в °C) отдельных слоев ВТЗ в процессе ее выпечки.

Характер кривых этого графика наглядно свидетельствует о том, что температурное поле ВТЗ в процессе выпечки непрерывно меняется, что является признаком нестационарного режима процесса прогрева.

Рассмотрение температурных кривых отдельных слоев ВТЗ в процессе выпечки приводит к следующим выводам.

1. Температура любого слоя ВТЗ, к концу выпечки превращенного в мякиш (кривые 6, 7, 8, 9), до самого конца выпечки не превышает 100°C, приближаясь к этому значению в центральной части ВТЗ лишь к самому концу выпечки.

2. Температура поверхности ВТЗ (кривая 1) очень быстро достигает 100°C и, не задерживаясь на этом уровне, продолжает возрастать, и на примерном графике к концу выпечки достигает ~180°C.

Для температурных кривых поверхностных слоев ВТЗ (кривые 2, 3 и 4), в процессе выпечки превращающихся в корку, характерным является прогрев до уровня 100°C, некоторая задержка на этом уровне и после нее дальнейшее повышение температуры.

Чем ближе слой ВТЗ к ее поверхности, тем короче задержка на уровне 100°C и тем относительно выше конечная температура слоя в момент $t_{\text{пот}}$.

3. Температура слоя ВТЗ, расположенного на границе корки и мякиша, достигает 100°C и остается на этом уровне до конца процесса выпечки.

4. Разность между температурой внешних и внутренних слоев корки в процессе выпечки возрастает, достигая наибольшего значения к концу выпечки.

5. Разность между температурой внешних (прилегающих к корке) и центральных слоев ВТЗ возрастает в первой части процесса

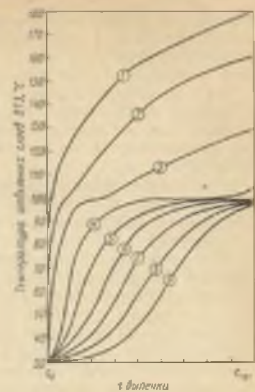


Рис. 29. Примерный график изменения в процессе выпечки температуры отдельных слоев выпекаемой тестовой заготовки (ВТЗ): кривые температур: 1 — поверхность ВТЗ; 2, 3 и 4 — слои ВТЗ, при $t_{\text{пот}}$ отдаленных от ее поверхности на 1, 2 и 3 четверти толщины корки; 5 — слой, при $t_{\text{пот}}$ расположенный между коркой и мякишем; 6, 7 и 8 — слои ВТЗ, при $t_{\text{пот}}$ расположенных на 1, 2 и 3 четверти расстояния от корки до центра мякиша; 9 — мякиш, при $t_{\text{пот}}$ расположенный в центре мякиша

* Под полем какой-либо физической величины понимаются совокупность мгновенных численных значений этой физической величины во всех точках изучаемого пространства.

выпечки, достигает наибольшего значения примерно к середине процесса выпечки и затем резко снижается, доходя к концу выпечки почти до нуля.

Характер изменения температурного поля ВТЗ в процессе выпечки и в первую очередь тот факт, что температура мякиша не превышает 100°C , в то время как температура корки выше 100°C , не могут быть объяснены без увязки процесса прогрева с процессом перемещения и испарения влаги из ВТЗ, с процессом образования корки.

Рассматривая принятый нами при составлении графика простейший случай выпечки хлеба в неувлажненной атмосфере пекарной камеры (при постоянной температуре), мы можем представить себе процесс образования корки следующим образом.

В неувлажненной атмосфере пекарной камеры, имеющей температуру 250°C , поверхностный слой ВТЗ начинает интенсивно прогреваться, быстро теряя при этом влагу. По истечении 1—2 мин поверхностный слой теста теряет почти всю влагу и достигает равновесной влажности, которая зависит от относительной влажности в температуре среды пекарной камеры.

Достижение поверхностным слоем ВТЗ равновесной влажности и, следовательно, прекращение испарения влаги в этом слое позволяют ему быстро прогреваться выше 100°C , не задерживаясь на этой температуре, что и видно из графика (кривая 1).

Ввиду сравнительно низкой влагопроводности теста и большой разности температур поверхностных и расположенных ближе к центру слоев выпекаемого теста, обуславливающей явление термо-влагопроводности (перемещение влаги в центральную часть ВТЗ), подвод влаги к ее поверхности отстает от интенсивности обезвоживания поверхностного слоя, и поверхность (точнее зона) испарения начинает постепенно углубляться внутрь хлеба. Превращение воды в пар в этой зоне (в слое между уже образовавшейся обезвоженной корочкой и глубже расположенными слоями теста, позднее мякиша) происходит при 100°C (при нормальном давлении).

Пары воды, образующиеся в зоне испарения, в основном проходят через поры (скважины) обезвоженной корочки в пекарную камеру, оставаясь в состоянии паров, а частично, как будет показано ниже, устремляются в поры и скважины слоев теста (позднее мякиша), примыкающих к корке.

Появляясь структура теста (позднее мякиша хлеба), примыкающего к уже обезвоженной корочке, является причиной того, что в выпекаемом хлебе имеет место не поверхность испарения, не «зеркало испарения», как при испарении с поверхности воды, а зона испарения, распространяющаяся в слой теста (мякиша) определенной толщины (порядка 1—3 мм¹), непосредственно граничащий с коркой.

¹ Толщина слоя, являющегося в выпекаемом хлебе зоной испарения, в основном определяется размерами пор и скважистостью структуры мякиша.

Зона испарения, в пределах которой температура равна примерно 100°C , по мере прогрева ВТЗ постепенно углубляется. Внешние слои теста этой зоны испарения будут обезвоживаться и достигать величины равновесной влажности, т.е. переходить в корку. С внутренней же стороны, обращенной к центру хлеба, толщина зоны испарения будет увеличиваться в результате распространения испарения на ближайшие прилегающие к ней соли мякиша.

Таким образом, влага в хлебе испаряется при температуре около 100°C только в зоне испарения, расположенной между коркой и мякишем; корка представляет собой практически обезвоженный внешний слой хлеба, через который влага из центральных слоев хлеба проходит в виде пара.

Из такого представления о механизме испарения влаги и образования корки при выпечке вытекает, что температура мякиша, окруженного зоной испарения, не может превысить 100°C , как бы долго ни длился процесс выпечки.

Температура внутренней поверхности корки, примыкающей к зоне испарения, естественно, также будет равна 100°C . Температура же внешней поверхности корки может быть немного выше и будет зависеть от температуры пекарной камеры и толщины корки. Чем толще корка и чем выше температура пекарной камеры, тем выше будет температура поверхности корки.

Однако температура поверхности корки значительно ниже температуры пекарной камеры, так как часть тепла, воспринимаемого коркой извне, расходуется на перегревание паров воды, проходящих из зоны испарения через поры корки в пекарную камеру. На графике (см. рис. 29) конечная температура поверхности корки принята равной 180°C , однако в отдельных случаях (при очень высокой температуре в камере и очень толстой корке) она может достигать до 200°C .

Естественно, что промежуточные слои корки имеют соответственно промежуточные значения температуры, а среднюю температуру корки ($t_{\text{к.ср}}$) для технических расчетов можно принять равной (в $^{\circ}\text{C}$)

$$t_{\text{к.ср}} = (100 + t_{\text{в.к}})/2,$$

где $t_{\text{в.к}}$ — температура поверхности корки, $^{\circ}\text{C}$.

Задержка температурных кривых тех слоев ВТЗ, из которых образуется корка, на уровне 100°C может быть объяснена тем, что эти слои до превращения в корку известное время являются зоной испарения.

Обезвоживание поверхностных слоев ВТЗ идет так быстро, что кривая 1 температуры поверхности хлеба вообще не задерживается на уровне 100°C , а кривая 2 слоя, расположенного ближе к поверхности, еле заметно приостанавливается. Чем дальше слой от поверхности корки, тем более заметна и длительна приостановка кривой температуры на уровне 100°C . Кривая 5 характеризует изменение температуры слоя, который перед концом выпечки во-

шел в зону испарения и остался в ней до самого конца выпечки, сохраняя поэтому до конца выпечки температуру 100°C.

Исходящие экспериментальные данные по изменению температуры в отдельных слоях и точках выпекаемого хлеба позволяют говорить о том, что в ВТЗ в процессе выпечки точки, имеющие одинаковую температуру, расположены по изотермическим поверхностям (практически по изотермическим слоям) параллельно поверхности хлеба с некоторым смещением изотерн в сторону нижней корки.

Факторы, обуславливающие прогрев выпекаемой тестовой заготовки

На прогрев ВТЗ в процессе выпечки могут влиять теплофизические параметры пекарной камеры (температура теплоотдающих поверхностей, температура, относительная влажность и скорость перемещения паровоздушной среды), а также масса, форма, влажность, пористость и другие характеристики ВТЗ.

Влияние температуры паровоздушной среды пекарной камеры на прогрев ВТЗ изучалось в ряде работ. В качестве иллюстрации приводим примерный график (рис. 30) прогрева в точке 9 центральной части ВТЗ, выпекавшейся при неизменной в течение всего процесса выпечки температуре среды пекарной камеры 250, 230 и 210°C (соответственно кривые I, II и III).

Как и следовало ожидать, чем выше температура выпечки, тем скорее идет прогрев центральной части ВТЗ.

В производственных хлебопекарных печах выпечка хлеба практически ведется в условиях постепенно снижающейся температуры среды пекарной камеры. Исходя из этого, в отдельных работах изучалось температурное поле ВТЗ в процессе выпечки при снижающейся температуре среды пекарной камеры.

Примерный график изменения температурного поля ВТЗ, выпекаемой при равномерно снижающейся в период выпечки температуре среды пекарной камеры (с 280 до 180°C), приводится на рис. 31.

Цифровые обозначения отдельных температурных кривых на этом графике такие же, как и на графике, приведенном на рис. 29.

Сопоставление температурных кривых отдельных слоев ВТЗ, приведенных на рис. 31, с кривыми для тех же слоев на рис. 29 позволяет отметить далее следующее. При выпечке в условиях снижения температуры в пекарной камере больше всего изменяется характер кривой самого поверхностного слоя 1, в несколько меньшей степени — кривой слоя 2 и в еще меньшей степени — кривых слоев 3 и 4. Все эти слои ВТЗ к концу выпечки являются коркой выпеченного изделия. Кривые 1 и 2 достигают максимума температуры не в конце периода выпечки, как на рис. 29, а уже в конце примерно первой трети (кривая 1) или 40% (кривая 2) перио-

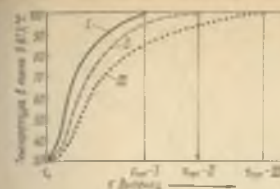


Рис. 30. Примерный график изменения температуры в точке 9 (см. текст под рис. 29) ВТЗ при различной температуре в пекарной камере: кривые: I — при 250°C; II — при 230°C; III — при 210°C

Рис. 31. Примерный график изменения температуры отдельных слоев ВТЗ при температуре в пекарной камере, снижающейся за период выпечки с 280 до 180°C (нумерация температурных кривых та же, что и на рис. 29)



да выпечки. Максимальная температура этих слоев заметно ниже уровня, показанного на рис. 29.

При снижении температуры в пекарной камере температура слоев 1 и 2 начинает снижаться, причем в наибольшей степени — поверхностного слоя 1. В слое 3 отмеченное выше наблюдается в очень незначительной степени, а в слое 4 практически отсутствует.

У кривых слоев ВТЗ 5, 6, 7 и 8, к концу выпечки превращающихся в мякиши изделия, существенных отличий от их характера на рис. 29 не установлено. Можно отметить лишь то, что скорость нарастания температуры этих слоев ВТЗ была несколько меньшей.

Влияние влажности паровоздушной среды пекарной камеры на прогрев ВТЗ также изучалось в ряде работ.

Значение этого фактора обусловлено тем, что атмосфера пекарной камеры любой производственной хлебопекарной печи всегда в той или иной степени насыщена парами воды в результате испарения влаги при выпечке из хлеба или благодаря дополнительному подводу пара в пекарную камеру.

Увлажнение атмосферы пекарной камеры в значительной мере обуславливает упек и прирост объема хлеба в печи, а также характер поверхности корки готового хлеба и даже его форму.

Когда в увлажненную и нагретую среду пекарной камеры поступает относительно холодная ВТЗ, ее поверхность имеет температуру 30—35°C (ниже температуры точки росы) и на поверхности сразу же начинается конденсация пара. Ввиду пористой структуры теста сорбция и конденсация происходят не только на самой поверхности ВТЗ, но, как показали работы А. А. Михалева, А. С. Гинзбурга и др., и в поверхностном слое теста.

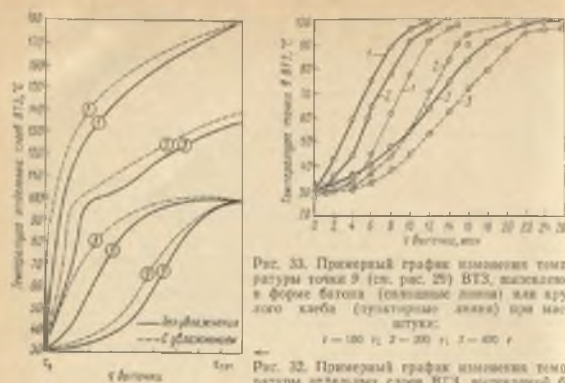


Рис. 32. Примерный график изменения температуры отдельных слоев ВТЗ, выпекаемой без увлажнения и с увлажнением в пекарной камере

Естественно, что конденсация влаги будет происходить лишь до тех пор, пока температура поверхности ВТЗ не превысит температуры точки росы, соответствующей параметрам паровоздушной смеси, заполняющей пекарную камеру.

Помимо влияния конденсации паров на поверхности ВТЗ на качество хлеба, его объем, форму, характер поверхности корки (о чем речь будет ниже), существенным является влияние конденсирующегося пара на передачу теплоты ВТЗ, внесенной в печь, а следовательно, и на ее прогрев. Это обуславливается тем, что при конденсации пара выделяется удельная (скрытая) теплота парообразования.

Влияние увлажнения пекарной камеры на прогрев выпекаемой ВТЗ можно представить себе в виде примерного графика¹ (рис. 33). Как видно из этого графика, увлажнение ускоряет прогрев поверхности ВТЗ, корки и, что существенно, не только ускоряет прогрев слоя мякиша, примыкающего к корке, но и меняет характер кривой температуры этого слоя.

Из сказанного следует, что, устанавливая значение увлажнения пекарной камеры, нельзя недооценивать роль этого фактора в передаче теплоты ВТЗ в процессе ее выпечки.

Влияние массы и формы ВТЗ на ее прогрев в процессе выпечки также значительно. Установлено, что чем больше масса ВТЗ, тем медленнее прогревается ее центральная часть и, естественно, тем длительнее процесс выпечки.

¹ Обозначения отдельных кривых те же, что на рис. 29.

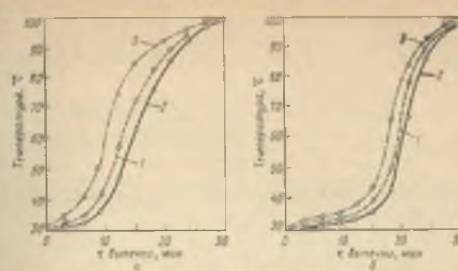


Рис. 33. Примерный график изменения температуры точки З (см. рис. 29) ВТЗ, выпекаемой в форме батона (сплошные линии) или круглого хлеба (пунктирные линии) при массе штучки: 1 — 100 г; 2 — 200 г; 3 — 400 г

Влияние массы и формы ВТЗ на скорость ее прогрева при выпечке представлено на рис. 33. Из кривых прогрева видно, что центр мякиша пшеничного хлеба, выпекаемого в виде батона, прогревался значительно быстрее центра мякиша круглого хлеба той же массы. Причина, естественно, лежит в большем расстоянии от поверхности до центра мякиша у круглого хлеба по сравнению с батоном.

Удельная поверхность батона больше, чем круглого хлеба той же массы. Это также ускоряет прогрев ВТЗ батона, в том числе и за счет теплоты, выделенной конденсирующимся паром.

Влияние влажности теста на скорость прогрева ВТЗ иллюстрируется графиками, приведенными на рис. 34, которые показали, что повышение влажности теста ускоряет, а понижение замедляет прогрев теста при выпечке. Чем выше влажность теста, тем выше его теплопроводность. Ускорение прогрева при повышении влажности тем значительнее, чем ближе изучаемый слой теста к поверхности хлеба.

Из вышесказанного, однако, не следует, что повышение влажности теста можно применять как способ ускорения прогрева ВТЗ.

Предельно допустимая влажность теста обусловлена нормативом влажности того хлебобулочного изделия, для которого оно готовится.

Характер пористости хлеба (размер пор, толщина стенок, связистость хлеба, возникающая при разрушении межпоровых стенок и соединении отдельных пор между собой каналами), бесспорно, должна играть существенную роль в перемещении влаги в глубь мякиша выпекаемого хлеба и поэтому тоже не может не влиять на скорость прогрева мякиша хлеба.

Толщина корки вследствие ее более низкой тепло- и теплопроводности, естественно, также не может не сказываться на скорости прогрева мякиша хлеба.

ВЛАГООБМЕН ВЫПЕКАЕМОЙ ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ С ПАРОВОЗДУШНОЙ СРЕДОЙ ПЕКАРНОЙ КАМЕРЫ И ВНУТРЕННЕЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ВЛАГИ В НЕЙ В ПРОЦЕССЕ ВЫПЕЧКИ

При выпечке хлеба происходит влагообмен между ВТЗ и газовой средой пекарной камеры и внутреннее перемещение влаги в ВТЗ. Эти процессы протекают одновременно и в известной мере взаимосвязаны.

Влагообмен выпекаемой тестовой заготовки с паровоздушной средой пекарной камеры

Влагообмен с увлажненной газовой средой пекарной камеры включает в самой начальной фазе выпечки процесс поглощения влаги из газовой среды пекарной камеры в результате конденсации паров воды на поверхности и сорбции в поверхностных слоях ВТЗ.

При достаточном увлажнении газовой среды пекарной камеры поглощение влаги ВТЗ, помещенной в пекарную камеру, может быть зафиксировано количественно по увеличению ее массы.

Для иллюстрации этого положения на рис. 35 приведен график изменения массы ВТЗ при выпечке в пекарной камере с интенсивным увлажнением ее газовой среды в начальном периоде выпечки. Максимум прироста массы ВТЗ был в интервале между 3—5 мин выпечки и достигал величины 1,3% от начальной массы куска теста.

Конденсация влаги, как уже отмечалось, происходит не только на поверхности, но и в слоях ВТЗ, прилегающих к ней.

Интенсивность и длительность поглощения (сорбции) влаги, конденсируемой на поверхности в поверхностных слоях ВТЗ, будет тем больше, чем выше влагосодержание газовой среды пекарной камеры, чем ниже температура этой среды и чем ниже температура поверхности и поверхностных слоев ВТЗ при поступлении в пекарную камеру.

Однако как только температура поверхности ВТЗ превысит температуру точки росы, конденсация влаги на ней прекращается и сразу же начинается процесс испарения влаги: сначала с поверхности, затем из топкого слоя ВТЗ, прилегающего к поверхности, и, наконец, после достижения поверхностным слоем ВТЗ равновесной влажности (и, следовательно, после перехода этого слоя в состояние практически обезвоженной корки) — из зоны испарения, т. е. слоя, расположенного непосредственно под коркой.

Зона испарения, как уже отмечалось вы-

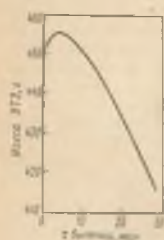


Рис. 35. График изменения массы ВТЗ при выпечке в пекарной камере, газовой средой которой интенсивно увлажнялась в начальном периоде выпечки

ше, по мере утолщения корки постепенно углубляется, отдаляясь от поверхности ВТЗ и оставаясь пограничной между коркой и мякишем.

Внутреннее перемещение влаги в выпекаемой тестовой заготовке

При выпечке влажность внутренней части ВТЗ изменяется.

Повышение влажности внешних слоев ВТЗ в начальной фазе выпечки при сильном увлажнении газовой среды пекарной камеры было уже отмечено выше.

Последующее понижение влажности поверхности слоя ВТЗ до равновесной влажности, происходящее по мере превращения этого слоя в корку, также было нами отмечено. При этом мы указывали, что не вся влага, испаряющаяся в зоне испарения ВТЗ, проходит в виде пара через поры корки в пекарную камеру.

Корка значительно более уплотнена и значительно менее пориста, нежели мякиш. Размеры пор в корке, особенно в ее поверхностном слое, во много раз меньше размера пор в прилегающих к ней слоях мякиша. Вследствие этого корка представляет собой слой, оказывающий большое сопротивление пару, проходящему через него из зоны испарения в пекарную камеру. Часть пара, образованного в зоне испарения, особенно над нижней коркой ВТЗ, может устремляться из корки через поры и скважины мякиша в слои мякиша, прилегающие изнутри к зоне испарения. Доходя до слоев, расположенных ближе к центру и менее нагретых, пары воды конденсируются, тем самым повышая влажность слоя, в котором произошла конденсация. Этот слой мякиша, представляющий собой как бы зону внутренней конденсации паров воды в выпекаемом хлебе, по расположению соответствует конфигурации изотермических поверхностей в ВТЗ.

Для внутреннего перемещения влаги во влажном материале должна иметь место разность потенциалов переноса. В ВТЗ для переноса влаги может быть две основных причины: разность концентрации влаги в различных участках объема ВТЗ и разность температуры в отдельных участках ВТЗ.

Разность концентрации влаги является побуждающим моментом для перемещения влаги в материале от участков с большей концентрацией влаги к участкам с меньшей ее концентрацией. Такое перемещение влаги назовем концентрационным.

Можно также обозначить это перемещение влаги, как концентрационную диффузию ее в материале или как концентрационную влаговыводность.

Разность температуры в отдельных участках влажного материала также является, как это показал А. В. Лыков, причиной перемещения влаги от участков материала с более высокой температурой к участкам с меньшей температурой. Подобное перемещение влаги во влажном материале условимся полагать тепловым. Называют его также термодиффузией (в газах и растворах) или термовлаговыводностью (во влажных твердых телах).

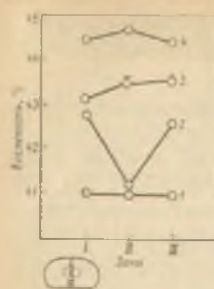


Рис. 36. Изменение влажности зон (I, II и III) ВТЗ при выпечке:
1 — 0; 2 — 5 мин; 3 — 10 мин и 4 — 23 мин

Где влажность теста повышается примерно на 2%. Наиболее быстро влажность возрастает во внешних слоях мякиша в начальный период процесса выпечки, что объясняется большой ролью термовлагопроводности в этом периоде выпечки вследствие значительного градиента температуры в мякише.

Изменение влажности выпекаемой тестовой заготовки

Изучению изменения влажности ВТЗ в процессе выпечки посвящено много работ. На основании данных этих работ, а также изложенных выше представлений о ходе и механизме изменения влажности отдельных слоев ВТЗ в процессе выпечки мы построили примерный график (рис. 37) изменения влажности отдельных ее слоев в процессе выпечки при постоянной температуре и без увлажнения среды пекарной камеры.

Как видно из графика, влажность поверхностного слоя ВТЗ в процессе выпечки очень быстро падает и, как показывает кривая 1, очень быстро достигает уровня равновесной влажности (W_p), обусловленного температурой и относительной влажностью паровоздушной среды пекарной камеры.

Глубже расположенные и позднее превращающиеся в корку слои более замедленно, как это видно по кривым 2, 3 и 4, достигают той же величины равновесной влажности.

Существенно отметить, что влажность слоев корки, образованных из слоев ВТЗ, обозначенных кривыми 2, 3 и 4, в первое время нахождения в пекарной камере несколько увеличивалась. Прирост этот (обозначим его ΔW) тем больше, чем глубже распо-

ложен слой теста, из которого образуется сначала мякиш, затем корка.

Кривая 5 характеризует изменение в процессе выпечки средней влажности слоя ВТЗ, являющегося к концу выпечки зоной испарения.

Конечная влажность внутренней поверхности этого слоя (прилегающей к мякишу) может быть принята примерно равной исходной влажности теста (W_0) плюс прирост за счет внутреннего перемещения влаги ($W_0 + \Delta W$), в то время как наружная поверхность этого слоя, прилегающая к корке, имеет влажность, равную равновесной влажности. Исходя из этого, на графике для данного слоя принято значение конечной влажности, среднее между значениями ($W_0 + \Delta W$) и W_p .

Влажность отдельных слоев мякиша, характеризуемых кривыми 6, 7, 8 и 9, также увеличивается в процессе выпечки, причем нарастание влажности происходит сначала во внешних слоях ВТЗ, а затем захватывает все более глубоко расположенные слои.

В результате теплового перемещения влаги (термовлагопроводности) влажность внешних слоев мякиша, ближе расположенных к зоне испарения, начинает даже несколько снижаться по сравнению с достигнутым максимумом. Однако конечная влажность этих слоев остается все же выше исходной влажности теста в момент начала выпечки. Влажность центра мякиша (см. кривую 9) нарастает медленнее всего, и его конечная влажность может быть несколько меньше конечной влажности слоев, прилегающих к центру мякиша.

Рядом экспериментов установлено, что к моменту завершения процесса выпечки влажность мякиша в целом повышается на 1,5–2,5%.

Жизнедеятельность бродильной микрофлоры в выпекаемой тестовой заготовке

Жизнедеятельность бродильной микрофлоры теста (дрожжевых клеток и кислотообразующих бактерий) изменяется по мере прогревания ВТЗ в процессе выпечки.

Дрожжевые клетки при прогревании теста примерно до 35°C ускоряют процесс брожения и газообразования до максимума. Примерно до 40°C жизнедеятельность дрожжей в выпекаемом кус-



Рис. 37. Примерный график изменения влажности отдельных слоев ВТЗ в процессе ее выпечки (нумерация кривых та же, что на рис. 29)

ке теста еще очень интенсивна. При прогревании теста до температуры свыше 45°C газообразование, вызываемое дрожжами, резко снижается.

Ранее было принято считать, что при температуре теста около 50°C дрожжи отмирают.

Жизнедеятельность кислотообразующей микрофлоры теста в зависимости от температурного оптимума (лежащего для мезофильных бактерий около 35°C, а для термофильных около 48—54°C) по мере прогревания теста сначала форсируется, а затем, после достижения температуры выше оптимальной для их жизнедеятельности, замедляется и позже совсем прекращается.

Считали, что при прогревании теста до 60°C кислотообразующая микрофлора теста полностью отмирает.

Однако работа М. И. Ратвер и З. Ф. Фалунинной (1944) позволяет считать, что в мякише обычного ржаного хлеба из обойной муки сохраняются хотя и в ослабленном, но жизнеспособном состоянии отдельные клетки как дрожжей, так и кислотообразующих бактерий.

Из факта сохранения в мякише хлеба в процессе выпечки незначительной части жизнеспособной бродильной микрофлоры теста не следует, что бродильные микроорганизмы теста могут при всех условиях выдерживать температуру 93—95°C, которая достигается в центре ВТЗ при выпечке. В этой же работе было показано, что кипячение мякиша хлеба, растертого в избытке воды, убивало все виды бродильных микроорганизмов.

Очевидно, сохранение части бродильной микрофлоры теста в мякише хлеба в жизнеспособном состоянии может быть объяснено как очень незначительным количеством свободной воды в мякише, так и очень кратковременным подъемом температуры его центральной части выше 90°C.

Из этих данных следует, что и температурные оптимумы для бродильной микрофлоры теста, определенные в условиях среды, по консистенции отличной от теста, могут оказаться заниженными по сравнению с оптимумами, действующими в условиях ВТЗ.

Очевидно, следует считать, что при прогревании слоев ВТЗ примерно до 60°C жизнедеятельность в них дрожжей и мезофильных кислотообразующих бактерий теста практически приостанавливается.

Термофильные молочнокислые бактерии типа бактерий Дельбрюка могут находиться в бродильно-активном состоянии и при более высоких температурах (вероятно, до 75—80°C).

Необходимо еще раз напомнить, что при обычном способе выпечки прогревание ВТЗ начинается с периферических слоев и лишь постепенно распространяется к ее центру. Поэтому и описанные выше изменения в жизнедеятельности бродильной микрофлоры ВТЗ будут происходить постепенно, по мере ее прогревания, распространяясь от поверхностных слоев к центру.

При анализе графика, приведенного на рис. 29, легко убедиться, что вскоре же после начала процесса выпечки во внешних сло-

ях ВТЗ прогревание вызовет полную приостановку жизнедеятельности бродильной микрофлоры.

Одновременно в более глубоких слоях будут оптимальные температурные условия для жизнедеятельности этой микрофлоры, а в центральной части ВТЗ эти оптимальные условия даже не будут еще достигнуты.

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ВЫПЕКАЕМОЙ ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКЕ

В тесте ВТЗ, а затем и в мякише, образующемся из него, наблюдаются следующие биохимические процессы и изменения.

Брожение, вызываемое дрожжами и кислотообразующими бактериями, длится при выпечке до тех пор, пока температура отдельных слоев ВТЗ не достигнет уровня, при котором жизнедеятельность этих бродильных микроорганизмов прекращается. Поэтому в начальном периоде выпечки в тесте и мякише ВТЗ продолжают образовываться незначительные количества спирта, CO₂, молочной и уксусной кислоты и других продуктов брожения.

При выпечке содержащийся в ВТЗ крахмал, прошедший первые стадии процесса клейстеризации, частично гидролизуются. В результате этого содержание крахмала в ВТЗ при выпечке в известной степени снижается.

До той поры, пока амилазы теста еще не инактивированы вследствие повышения температуры теста, они вызывают гидролиз крахмала. В ВТЗ атакуемость крахмала амилазами возрастает. Объясняется это тем, что крахмал даже в начальных стадиях его клейстеризации во много раз легче гидролизуются β-амилазой.

В главе III, при рассмотрении свойств зерновых амилаз, уже отмечалось, что в пшеничном тесте из сортовой муки при относительно невысокой его кислотности инактивация амилаз происходит при температуре, значительно более высокой, чем полагали раньше. Так, например, β-амилаза полностью инактивируется примерно при 82—84°C, а α-амилаза способна сохранять известную активность до 97—98°C, т. е. в готовом хлебе. Поэтому при выпечке пшеничного хлеба из муки высшего, I и II сортов гидролиз крахмала в тесте и мякише ВТЗ в основном (а возможно и целиком) обусловлен действием амилаз теста.

Иначе изменяется крахмал при выпечке хлеба из ржаной обойной муки. Ржаное тесто имеет кислотность, в 3—4 раза более высокую, чем тесто из пшеничной сортовой муки. Вследствие этого инактивация амилаз при прогреве ржаного теста происходит при более низких температурах.

Так, например, было установлено, что в процессе выпечки ржаного хлеба из обойной муки, из теста обычной для этого вида хлеба кислотности, β-амилаза полностью инактивируется при 60°C, а α-амилаза — при 71°C. В то же время было установлено, что накопление в мякише ржаного хлеба продуктов гидролитического распада крахмала продолжается до самого конца выпечки и даже

в первые часы хранения еще горячего хлеба. Это значит, что в ржаном хлебе гидролиз крахмала продолжается и после инактивации амилазы.

Опытами по прогреву водных паст ржаного крахмала, водно-кислых смесей молочной и уксусной кислот до уровня, обычного для ржаного теста, было установлено, что в этих условиях происходит кислотный гидролиз крахмала. Отсутствие в крахмальной пасте амилазы было предварительно проверено.

Исходя из этого, можно полагать, что в ржаной ВТЗ после инактивации ее амилазы происходит кислотный гидролиз крахмала. Вероятно, именно поэтому содержание водорастворимых веществ и углеводов и содержание декстринов в ржаном хлебе выше, чем в пшеничном, несмотря на значительно более раннюю инактивацию амилазы при прогреве ВТЗ из ржаного теста.

α -Амилаза в процессе выпечки инактивируется при значительно более высокой температуре, чем β -амилаза. В интервале времени выпечки, когда β -амилаза уже инактивирована, а α -амилаза еще активна, в мякише хлеба накапливается значительное количество высокомолекулярных декстринов, придающих мякишу липкость и сыроватость на ощупь.

Этому способствует и то, что действие α -амилазы на крахмал понижает его водоудерживающую способность.

В связи с этим при выпечке хлеба из пшеничной муки, смолотой из проросшего зерна, следует повышать кислотность теста, снижающую температуру инактивации α -амилазы. Ржаная мука даже из непроросшего зерна содержит известное количество активной α -амилазы, поэтому ржаное тесто и готовится при более высокой кислотности.

Если выпекать хлеб из ржаного теста с кислотностью около 4 град, то α -амилаза также способна сохранять известную активность до конца выпечки, т. е. до температуры выше 95°C. Поэтому действие амилотических ферментов в ВТЗ при выпечке существенно влияет на качество хлеба.

Сахары, образующиеся в ВТЗ в результате амиллиза крахмала, в первой части периода выпечки частично расходуются на брожение. Показано, что в процессе выпечки происходит также частичный гидролиз высокомолекулярных пентозанов ржаного теста, превращающихся в ВТЗ в водорастворимые, относительно низко молекулярные пентозаны.

Таким образом, в процессе выпечки хлеба резко увеличивается количество водорастворимых углеводов, в основном обуславливающее увеличение общего содержания в хлебе водорастворимых веществ.

Белково-протеиновый комплекс ВТЗ в процессе выпечки также претерпевает ряд изменений, связанных с ее прогревом.

В ВТЗ до определенной степени ее прогрева происходит протеолиз. Ранее принято было полагать, что протеиназа пшеничной муки имеет optimum pH от 4 до 5,5 и температурный optimum около 45°C.

Однако исследованиями Н. А. Попадич и З. Ф. Фадуневой (1962—1964) было показано, что в условиях теста из пшеничной муки влажностью 48% и при pH, в конце брожения равном 5,85, температурный optimum для накопления в тесте водорастворимого азота значительно выше. При длительности прогрева 30 мин он лежит около 60°C, а при 15 мин прогрева — около 70°C. Повышение влажности водно-мучной среды до 70% снижало этот optimum до 50°C.

Примечательно, что атакуемость белков того же теста протеолитическими ферментами препарата, полученного из *Asp. oryzae*, изменялась в зависимости от температуры теста совсем по-другому. Было установлено, что повышение температуры путем 15-минутного прогрева до 70°C приводило к снижению атакуемости белков теста протеолитическими ферментами препарата *Asp. oryzae* примерно в 4 раза. Повышение же температуры прогрева до 80—90°C приводило к известному возрастанию атакуемости белков теста по сравнению с атакуемостью их после прогрева при 70°C. Одновременно было установлено, что протеолитические ферменты препарата *Asp. oryzae*, вносимые в тесто (с конечным pH 5,85 и влажностью 48%), сохраняли известную активность после 15 мин прогрева даже при 90—100°C, в то время как прогрев водного раствора этих ферментов инактивировал их полностью уже при 60°C. Этим еще раз подтверждается значение влажности водно-мучных полуфабрикатов или продуктов как фактора, от которого зависят температуры optimum и инактивации в них ферментов.

Установлено, что растворимость водонерастворимых белков прогреваемого пшеничного теста в 0,1 н. растворе уксусной кислоты падает резко снижаться при температуре прогрева теста, равной 70°C. Это свидетельствует о том, что, начиная с 70°C, белки прогреваемого пшеничного теста подвергаются термической денатурации.

Было установлено, что в тесте влажностью 51% некоторая активность протеиназы сохранялась даже после 15 мин прогрева при 95°C.

Следует также отметить, что температура инактивации ферментов в ВТЗ зависит от скорости ее прогрева: чем быстрее происходит прогрев, тем выше температура, при которой инактивируются ферменты.

Изучалось и изменение атакуемости белков теста протеолитическими ферментами в процессе прогрева ВТЗ. Было установлено, что атакуемость папаниом белков пшеничного теста, имевшего влажность 48% и pH в конце брожения 5,85, при 15-минутной длительности прогрева значительно возрастала по мере повышения температуры прогрева с 50 до 80°C.

Даже после прогрева при 90°C атакуемость белков теста папаниом хотя и была несколько ниже, чем после прогрева при 80°C, во все же почти в 7 раз выше атакуемости белков непрогретого теста.

Изучалось влияние длительности выпечки тестовых заготовок из пшеничной и ржаной обдирной муки на атакуемость белков выпеченного хлеба препаратами таких противогрибковых ферментов, как пенициллин и трихитин.

Было установлено, что атакуемость белков теста этими ферментами возрастала в ВТЗ и тем в большей степени, чем длительнее была выпечка.

В ряде работ было показано, что количество водорастворимых азотсодержащих веществ в результате выпечки существенно (на 30—70%) снижается по сравнению с их количеством в тесте перед выпечкой.

Потемнение мякиша ржаного хлеба по сравнению с цветом ржаного теста в основном вызвано действием полифенолаксидазы (тираниназы) из тирозина. При длительной выпечке ржаного хлеба этот его мякиш становится темнее. Возможно, что это в какой-то мере обусловлено и образованием меланоидинов — продуктов взаимодействия непосредственно присутствующих сахаров теста с продуктами распада белков.

Биохимические процессы, происходящие при выпечке хлеба и его корки, также весьма существенно влияют на качество хлеба. В мякише содержится значительно больше водорастворимых веществ и декстринов. Следует, однако, отметить, что ферментативный гидролиз не играет в этом ведущей роли.

Корка и поверхностные слои ВТЗ, из которых она образуется, прогреваются очень быстро, в связи с чем и ферменты инактивируются очень скоро.

Надоление декстринов и вообще водорастворимых веществ в корке ВТЗ в значительной мере объясняется термическим изменением крахмала и, в частности, его термической декстринизацией (температура поверхности корки достигает 180°C, а середины корки 130°C).

Большое значение в оценке качества хлеба имеет окраска его корки.

Ранее окраску корки пшеничного хлеба связывали, и не без основания, с количеством остаточных, несброженных сахаров в тесте к моменту выпечки.

Как уже отмечалось, для нормальной окраски корки пшеничного хлеба в тесте перед выпечкой должно содержаться не менее 2—3% несброженных сахаров. Чем выше сахаро- и газообразующая способность муки, тем интенсивнее окраска корки пшеничного хлеба. Поэтому пекари-практики издавна называют муку с низкой сахаро- и газообразующей способностью мукой «крепкой и жарой».

Принято было считать, что продуктами, обуславливающими окраску корки пшеничного хлеба, являются коричневатоокрашенные продукты карамелизации или первичной дегидратации остаточных, несброженных к моменту выпечки сахаров теста. Карамелизацию и дегидратацию сахаров в корке объясняли ее высокой температурой. Некоторые исследователи считают, что существенную

роль в окраске корки играют также окрашенные продукты термической дегидратации крахмала и термического изменения белковых веществ корки.

Однако в 1952 г. в процессе проведения во ВНИИХле работы во взаимосвязи влияния режимов сушки зерна пшеницы на его хлебопекарные свойства была установлена (Л. Я. Ауэрман, В. Л. Крестьянин и др.) несостоятельность, наложенных ранее выводов на три рода процессов, обуславливающих окраску корки пшеничного хлеба.

Зерно пшеницы Милитурум 653 (из Нижневартовск. обл., урожай 1949 г.), имеющее абсолютную влажность 19,4%, частично (проба 1) было высушено на воздухе, а другая его часть (проба 2) сушили на солнце «Кузбасс» при температуре испарения 120°C, до влажности 11,7%. Концентрацию сахара зерна при этом была равна 60%. Оба образца зерна были подвергнуты размолу с выходом муки 70%.

Данные анализа этих образцов муки и результаты пробных выпечек приведены в табл. 22, свидетельствующую о резком влиянии белково-протеинового комплекса муки из зерна, сушенного при высокой температуре, на свойства сырой клейковины, ее подопластительную способность, расплываемость и растяжимость. Существенно снижены практически полную инактивацию протеинов в муке из этого образца зерна. Окончательно следует отметить весьма незначительное снижение сахара и газообразующей способности муки в результате

Таблица 22

Показатели анализа муки и результаты пробной выпечки	Мука из зерна, высушенного	
	1	2
Количество белковых веществ (N $\times 6,7$), %	12,73	12,53
Количество водорастворимого азота, % к общему количеству	15,24	12,27
Противогрибковая активность (прирост споросаждиваемого вилка за 4 ч инкубации), % к общему количеству азота	0,90	0,0
Количество клейковины, %		
сырой	33,4	25,0
сухой	11,1	9,4
Водопоглощательная способность клейковины, % к общему количеству клейковины	200	152
Органолептическая оценка качества клейковины	Удовлетворительно 50,0	Крошаськая 0,0
Расплаиваемость шарика клейковины (прирост диаметра контура шарика за 3 ч и % к начальному диаметру)	0,54	0,19
Удельная растяжимость клейковины, см/мм	133	124
Газообразующая способность по методу Раммеля — Вильямса, мл мальтозы	1000	900
Газообразующая способность, мл (X), за 9 ч	410	268
Объемный выход хлеба, мл на 100 г муки	0,35	0,42
Отношение высоты поднятых хлебцов к диаметру	79	61
Пористость мякиша, %	1,85	1,89
Содержание сахаров в корке хлеба, %	Нормально окрашенная 3	Современно бледная 1
Окраска корки хлеба по органолептической оценке		

Окраска корки хлеба в бледная (1—5)

тате сушки образца зерна при высокой температуре теплостойкости. Различия же в объеме и пористости хлеба из муки пшеницы 12 можно объяснить тем, что в ней содержится большее количество влаги и, следовательно, она обладает большей способностью к набуханию.

Однако, несмотря на то, что зерна пшеницы 12 имеют более высокую влажность, чем зерна пшеницы 11, это не объясняет различия в объеме и пористости хлеба из муки пшеницы 12.

Содержание сахаров в корке хлеба из муки пшеницы 11 и 12 практически одинаково, а корка в одном случае нормально окрашена, а в другом — совершенно белая. Из этого можно было сделать вывод, что окраска корки пшеничного хлеба обуславливается не окислительными продуктами термической карамелизации и первичной дегидратации сахаров, а окислительными продуктами другой реакции.

Участие окислительных сахаров теста в образовании этих продуктов несомненно, поскольку во всех случаях из недостаточности корки хлеба белено окрашена.

Исходя из работ В. Л. Кривоноса и соавторов в области химии процесса меланоидинообразования и выяснения роли меланоидинов в образовании цвета и аромата хлеба, можно сказать, что в хлебе, в том числе из муки пшеницы 12, было высказано предположение, что окраска корки хлеба обуславливается продуктами взаимодействия при обжаривании корки остаточных восстанавливающих сахаров теста и продуктов гидролитического распада белков (аминокислот, полипептидов и пептидов).

С этой точки зрения хорошо объясняется получение из муки пшеницы 12 хлеба с совершенно белой коркой, несмотря на достаточное содержание в тесте и корке остаточных сахаров. Отсутствие в этой муке активной протеиназы приводит к отсутствию в тесте и продуктах протеолиза, которые могли бы вызывать окисление сахаров и привести к образованию темноокрашенных меланоидинов, обуславливающих окраску корки хлеба.

Для экспериментального подтверждения правильности этого нового предположения были проведены дополнительные опыты, заключавшиеся в том, что в результате реакции с сахарами привели к образованию темноокрашенных меланоидинов, обуславливающих окраску корки хлеба.

Данные табл. 23 подтверждают обоснованность прежних представлений о том, что решающая роль в образовании корки хлеба принадлежит продуктам термического изменения сахаров и аминокислот. Дополнительное добавление 2% мальтозы и сахарозы почти не сказалось на окраске корки. Весьма незначительно, хотя и более заметно, сказалось на добавлении 2% фруктозы.

При добавлении же глицина корка хлеба окрасилась нормально. Одновременно добавление глицина и мальтозы (или фруктозы или сахарозы) дополнительно увеличило интенсивность окраски корки.

Хотя сахароза не обладает с аминокислотами меланоидинов, окрашивание корки хлеба при одновременном добавлении ее с глицином легко объяснимо.

Таблица 23

Хлеб из муки пшеницы 12	Количество добавок, % к сырой массе	Окраска корки, баллы
Без добавок	—	1,0
С добавками		
глицина	1	3,0
мальтозы	2	1,2
мальтозы + глицина	По 2	3,5
фруктозы	2	1,5
фруктозы + глицина	По 2	4,5
сахарозы	2	1,2
сахарозы + глицина	По 2	4,5

Сахароза в тесте под действием сахаразы (β-фруктофуранозилазы) дрожжей превращается в глюкозу и фруктозу, которые могут участвовать в меланоидинообразовании.

Исходя из изложенного, можно считать, что интенсивность окраски корки пшеничного хлеба в основном обусловлена взаимодействием в ней темнокрашенных продуктов окислительно-восстановительного взаимодействия остаточных, несброженных восстанавливающих сахаров теста и содержащихся в тесте продуктов протеолиза белков, т.е. меланоидинов.

Роль меланоидинообразования в окраске корки хлеба была подтверждена и в работе Г. Бертрама (1953).

Реакцию меланоидинообразования при взаимодействии аминокислот и восстанавливающих сахаров впервые еще в 1912 г. описал французский исследователь Майяр (Maillard L.), поэтому в специальной литературе ее часто именуют реакцией Майяра.

Образование меланоидинов представляет собой сложный окислительно-восстановительный процесс взаимодействия аминокислот с сахарами (преимущественно продуктами гидролиза белка, содержащих свободные аминокислоты) с непосредственно восстанавливающим сахарами.

Этот процесс протекает с образованием ряда промежуточных продуктов, в том числе альдегидов, соответствующих аминокислотам, вступающих во взаимодействие, а также и фуруролы и оксифуруролы.

Альдегиды, образующиеся при выпечке в корке хлеба в присутствии аминокислот, играют роль не только в окрашивании корки, но и во вкусе и аромате хлеба.

Процесс меланоидинообразования при повышенных температурах протекает значительно быстрее. Поэтому именно корка и корочка при выпечке темнее, в котором происходит процесс образования меланоидинов, а также хемициклических соединений, главным образом альдегидов, соответствующих промежуточным продуктам.

Значительно более высокое содержание ароматообразующих хемициклических соединений в корке хлеба по сравнению с мякотью, что убедительно показано в ряде работ.

Установлено также, что часть ароматообразующих веществ, образующихся в корке при выпечке и после ее завершения, мигрирует и накапливается в мякоти хлеба. В мякоти хлеба из ржаной муки темнее окрашена корочка и корка, что объясняется тем, что в ржаной муке содержится больше углеводов, чем в пшеничной, и соответственно больше продуктов окисления углеводов, что способствует образованию темной корочки.

Еще большую роль меланоидинообразованию играют в корке хлеба ВТЗ из ржаной муки (шрот), подвергнутой вымочке (в течение 12—24 ч) в воде при низкой температуре в пекварной (или варочной) камере. Полученный при этом продукт имеет темную бурую окраску и характерный запах. Такой продукт, присутствующий в хлебе с высокой долей ржаной муки, придает ему темную окраску и аромат, присущий хлебу с высокой долей ржаной муки. В хлебе ВТЗ, нарезанный на тонкие ломтики и завернутый в полиэтиленовый пакет, со временем в ряде европейских стран под влиянием влаги и температуры образуются в хлебе темные пятна, что объясняется тем, что в хлебе ВТЗ содержится больше углеводов, чем в пшеничном хлебе, и соответственно больше продуктов окисления углеводов, что способствует образованию темной корочки.

Более подробно вопрос о природе вкуса и ароматообразующих веществ хлеба, об образовании их из разных стадий процесса производства хлеба будет изложен в главе XIV.

Рассматривая биохимические процессы, происходящие при выпечке ВТЗ, следует отметить и изменения, происходящие в содержании в белках хлеба отдельных аминокислот.

В. Д. Кротовичем и А. Н. Пенюмаровой [1961] было изучено изменение при выпечке пшеничного и ржаного хлеба (содержания в нем свободных аминокислот (аспарагиновой, глутаминовой, серина, глицина, треонина, аланина, лимонной, янтарной, валериановой, изолейцина, фенилаланина, метионина и глутамина).

Было показано, что содержание в мучке значительно возрастает (кроме аспарагиновой) при снижении с из содержанием в мучке или снижалось (аспарагиновой, глутаминовой, серина, глицина, треонина, аланина, лимонной, янтарной, валериановой, изолейцина, фенилаланина, метионина и глутамина).

Содержание свободных аминокислот (кроме аспарагиновой) при снижении с из содержанием в мучке или снижалось (аспарагиновой, глутаминовой, серина, глицина, треонина, аланина, лимонной, янтарной, валериановой, изолейцина, фенилаланина, метионина и глутамина).

Было установлено, что чем выше содержание в тесте восстанавливающих сахаров, тем больше снижается содержание в корке свободных аминокислот. Этот факт подтверждает, что в корке хлеба содержание свободных аминокислот снижается вследствие расщепления части их на процессе меланоидинообразования.

Было установлено, что в результате выпечки содержание азота в белках хлеба существенно снижается, особенно в корке хлеба.

Е. Пауэрс [1966] изучала кинетику снижения содержания азота в хлебе при выпечке. В процессе выпечки хлеба. Им было установлено, что основным путем в содержании азота происходит в процессе выпечки, минимально необходим для получения полностью выпеченного хлеба. При дальнейшем выпечке эти потери были уже значительно меньшими. Автор работы считает, что в период утолщения хлеба выпечку его целесообразно ускорить на 5—10 мин против минимально необходимого времени, поскольку это уже не вызывает существенного снижения биологической ценности белков хлеба.

КОЛЛОИДНЫЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ВЫПЕКАЕМОЙ ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКЕ

Коллоидные процессы, протекающие в ВТЗ при ее прогревании, очень существенны, так как именно они и обуславливают переход теста в мякиш хлеба.

Изменение температуры теста резко влияет на ход коллоидных процессов, происходящих в нем. Клейковина теста, по данным А. Г. Кузьмина, имеет максимум набухаемости примерно при 30°C. Дальнейшее повышение температуры ведет к снижению ее способности набухать. Примерно при 60—70°C белковые вещества теста (его клейковина) денатурируются и свертываются, освобождая при этом воду, поглощенную при набухании.

Крахмал мучки по мере повышения температуры набухает все более и более энергично. Особенно интенсивно возрастает набухание при 40—60°C. В этом же температурном интервале начинается и клейстеризация крахмала, сопровождающаяся его набуханием.

Однако процесс клейстеризации очень сложен. В. И. Назаров на основании анализа существующих представлений о процессе клейстеризации в своих экспериментах пришел к выводу, что нельзя отождествлять клейстеризацию с набуханием. Если бы клейстеризация крахмала ограничивалась только набуханием, то тепловым эффектом процесса клейстеризации был бы положительным. Однако, как показали исследования тепловым эффектом клейстеризации, проведенные В. И. Назаровым с помощью регистрирующего

пирометра Курнакова, клейстеризация крахмала происходит с явно выраженным эндотермическим эффектом, который, по Назарову, объясняется затратами тепла на разрушение внутренней упорядоченной структуры крахмального зерна и разделение более крупных микродоменов агрегатов на отдельные составляющие их мицеллы или менее крупные группы мицелл.

Следствием этого является повышение осмотического давления внутри крахмального зерна, а вызываемый этим давлением интенсивный приток воды внутри зерна приводит к разрыву оболочки крахмального зерна и полному ее разрушению.

В 1939 г. были сделаны подсчеты эндотермического эффекта процесса клейстеризации с учетом затрат тепла на плавление кристаллической части зерна крахмала и на его разрушение, а также количества тепла, выделяющегося в результате процесса гидратации.

Чистый эндотермический эффект процесса клейстеризации 1 г сухого крахмала до этих подсчетов составлял 154 Дж. Использовать эту цифру для подсчета эндотермического эффекта клейстеризации крахмала в хлебе при выпечке не представляется возможным, так как в тесте не имеется того количества воды (примерно вдвое — втрое больше по сравнению с количеством крахмала), которое необходимо для полной клейстеризации крахмала.

Рентгенографические исследования изменений крахмала хлеба в процессе его выпечки и черствения, проводившиеся Катием, четко показывают, что крахмал, клейстеризованный в присутствии двойного и более количества воды, дает рентгеноспектр, типичный для аморфных веществ.

Крахмал же хлеба, клейстеризованный при ограниченном количестве воды, дает рентгеноспектр кристаллического состояния, хотя и несколько отличный от рентгеноспектра кристаллического состояния крахмала муки. Это также было подтверждено микроскопическим исследованием хлеба.

Изучение микроструктуры хлеба, проведенное в 1939 г. во ВНИИХП В. А. Николаевым и другими с использованием методов микрофотографии, также подтвердило, что зерна крахмала остаются в хлебе в полуклейстеризованном состоянии, сохраняя частично свою кристаллическую структуру.

В температурном интервале 50—70°C одновременно протекают процессы термической коагуляции белков и клейстеризации крахмала. Основная часть воды, впитанной белками теста при их набухании, переходит к клейстеризующемуся крахмалу.

Не менее важно и то, что процессы клейстеризации крахмала и коагуляции белков обуславливают переход теста ВТЗ в мякиш хлеба, резко изменяя при этом структурно-механические свойства теста и как бы фиксируя пористую структуру теста, которую оно имело к этому моменту.

Переход теста в мякиш происходит не одновременно по всей массе ВТЗ, а начинается с поверхностных ее слоев и по мере прогревания распространяется по направлению к центру. Если бы все, происходящее в процессе выпечки вышло из печи в разрыхленном состоянии, что в центральной части сохранилось бы не изменившееся тесто, окруженное слоями уже образовавшегося мякиша. Границей между

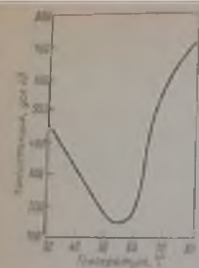


Рис. 38 Изменение консистенции теста, определяемой на ферментографе, в зависимости от температуры

Не следует, однако, думать, что прогревание теста до 69°C уже обеспечивает образование мякиша вполне нормального качества. Если мякиш при выпечке прогреет только до 69°C, то он будет замкнутым при легком надавливании и будет сыроватым на ощупь. Причина этого заключается в том, что клейстеризация крахмала (первая ее стадия) в условиях недостаточности влаги, которая наблюдается в хлебе, продолжается при значительно более высокой температуре (100°C).

Исходя из этого для получения хлеба с сухим и эластичным мякишем надо, чтобы мякиш хлеба (либо во время выпечки, либо, как будет показано далее, после выемки хлеба из печи) был прогрет до температуры 92—98°C.

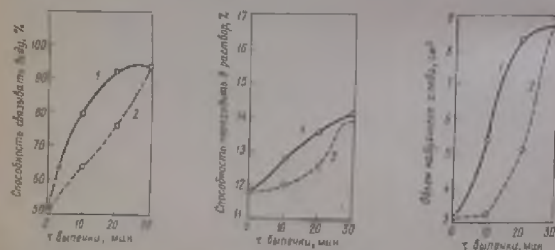


Рис. 39 Изменение показателей гидрофильности слоев ВТЗ в процессе выпечки: 1 - гидрофильная зона ВТЗ; 2 - гидрофобная зона ВТЗ

ду мякишем и тестом внешней ВТЗ будет изотермическая поверхность, температура которой равна примерно 69°C.

Изменение структурно-механических свойств теста в температурном интервале 30—80°C было изучено и при помощи ферментографа. Кривая на рис. 38 характеризует зависимость консистенции теста (выраженной в условных единицах ферментографа) от его температуры.

Как видно из этого графика, консистенция теста по мере повышения температуры его сначала (в результате физических и ферментативных процессов) резко падает, достигая минимума около 67°C. Дальнейшее нагревание в интервале 60—70°C вызывает резкое изменение консистенции теста вследствие клейстеризации крахмала и коагуляции белков, приводящих тесто в состояние мякиша.

А. Г. Кульман в работах, посвященных коллоидной характеристике процесса выпечки, показал, что гидрофильные свойства коллоидов ВТЗ в процессе выпечки резко изменяются по мере прогревания.

На рис. 39 приведены графики, построенные по данным работы Кульмана, свидетельствующие о резком увеличении в процессе выпечки гидрофильности коллоидов ВТЗ. Резко возросла способность мякиша хлеба связывать воду, набухать и в известной части переходить в раствор.

Как и следовало ожидать, кривые изменения этих показателей в процессе выпечки как по конфигурации, так и по соотношению кривых для периферических и центральных слоев мякиша очень близки к температурным кривым прогрева мякиша. Это лишний раз подчеркивает, что именно прогрев ВТЗ является первопричиной всех происходящих в ней при выпечке изменений.

ИЗМЕНЕНИЕ ОБЪЕМА ВЫПЕКАЕМОЙ ТЕСТОВОЙ ЗАТОВКИ

ВТЗ, помещенная в печь, сразу же начинает быстро увеличиваться в объеме. Постепенно прирост объема ВТЗ замедляется и вскоре совсем прекращается. Достигнутые к этому моменту объем и форма ВТЗ сохраняются практически неизменными до конца процесса выпечки.

Быстрое увеличение ВТЗ в объеме в первый период выпечки и последующее замедление, а затем и прекращение изменения ее объема вызываются и обуславливаются протекающими в ВТЗ в результате ее прогревания физическими, микробиологическими и коллоидными процессами.

Изменение объема ВТЗ при выпечке очень существенно с технологической точки зрения, поскольку именно оно в значительной мере обуславливает разрыхленность и форму хлеба.

Форсированное увеличение объема ВТЗ в первый период ее нахождения в печи объясняется тем, что в это время в тесте дрожжи и другие виды газообразующей бродильной микрофлоры выделяют еще известное количество CO_2 . Увеличению объема ВТЗ значительно способствует и тепловое расширение пузырьков воздуха и CO_2 , находившихся уже в ВТЗ в момент ее посадки в печь, а также выделение (при нагревании теста) части CO_2 , находившегося в тесте в растворе.

При прогревании отдельных слоев ВТЗ примерно до 79°C начинается интенсивный переход спирта в парообразное состояние с последующим (при дальнейшем прогревании) термическим расширением выделившихся паров спирта, что является фактором, способствующим увеличению объема ВТЗ.

Перечисленные выше процессы увеличивают количество, а следовательно, и давление газообразных продуктов внутри ВТЗ. В результате этого часть газообразных продуктов, проходя сперва через тонкий обезвоженный поверхностный слой-пленку, а затем через все утолщающуюся корку, уходит в атмосферу парковой камеры.

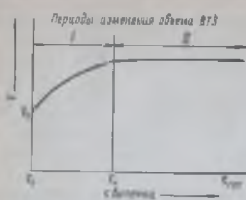


Рис. 40. Изменение объема ВТЗ в процессе выпечки

Кинетика изменения объема ВТЗ в процессе выпечки может быть в качестве примера охарактеризована графиком, приведенным на рис. 40. Как видно из этого графика, объем ВТЗ сначала возрастает очень форсированно, затем замедленно и, наконец, с момента, обозначенного t_n , остается неизменным. Процесс выпечки в соответствии с этим делится на два периода: I — период переменного объема и II — период постоянного объема ВТЗ.

Характерно, что деление процесса выпечки на эти два периода увязывается также с кинетикой влагоотдачи в ходе выпечки.

Как установил А. С. Гинзбург, в I периоде скорость влагоотдачи переменна (она увеличивается), а во II периоде она остается постоянной.

Замедление и прекращение в момент t_n прироста объема ВТЗ вызывается образованием на ее поверхности корки, а под коркой — все утолщающегося слоя мякиша. И корка, и мякиш по структурно-механическим свойствам резко отличны от теста, из которого они образуются.

Корка в процессе выпечки очень быстро после начала ее образования начинает терять способность к растяжению, поэтому она является возрастающим препятствием для дальнейшего увеличения объема ВТЗ.

Слой мякиша, образующийся при прогреве в результате клейстеризации крахмала и коагуляции белковой части теста, также в значительно меньшей мере, чем тесто, способен к изменению объема и структуры. Поэтому очевидно, что и толщина слоя уже образовавшегося мякиша является фактором, сначала замедляющим, а потом (вместе с образованием и утолщением корки) и прекращающим прирост объема ВТЗ.

Слишком быстрое прекращение изменения объема ВТЗ может привести либо к недостаточному объему хлеба, либо к разрывам и трещинам на его поверхности. Затянувшийся период переменного объема ВТЗ, замедленная фиксация ее объема и формы может быть причиной того, что резкое ухудшение в результате прогревания структурно-механических свойств теста (переход в фазу быстрого течения) вызовет расплывание подового хлеба при выпечке.

Изменение объема ВТЗ при выпечке связано с толщиной уже образовавшегося слоя мякиша. Установлено, что масса штуки подового хлеба в значительной мере влияет как на высоту подъема хлеба, так и на толщину слоя уже образовавшегося мякиша и температуру центра мякиша, при которой прекращается прирост объема ВТЗ.

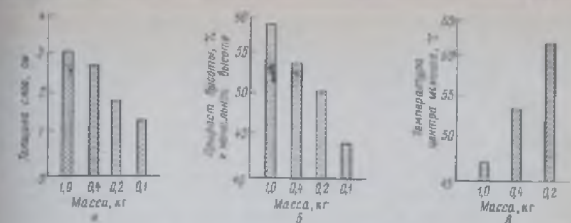


Рис. 41. Влияние массы штуки подового хлеба на показатели:

а — среднюю толщину слоя мякиша, уже образовавшегося при выпечке, в момент прекращения прироста объема хлеба; б — прирост высоты хлеба при выпечке; в — температуру центра мякиша в момент прекращения прироста объема хлеба при выпечке

Средние данные основных результатов опытов приведены в виде графиков на рис. 41. Эти графики свидетельствуют о том, что:

- а) толщина слоя мякиша, при которой прекращается прирост объема ВТЗ, тем больше, чем больше ее масса;
- б) относительная величина высоты подъема ВТЗ, а следовательно, и прирост объема ВТЗ тем больше, чем больше ее масса;
- в) температура в центре хлеба в момент прекращения прироста объема ВТЗ при выпечке также зависит от ее массы. Чем больше масса ВТЗ, тем ниже эта температура.

Масса ВТЗ, естественно, является не единственным фактором, влияющим на увеличение ее объема при выпечке. Установлено, например, что увлажнение среды пекарной камеры, замедляющее образование корки и уменьшающее ее толщину, приводит к увеличению высоты и объема хлеба.

Подтверждением этого являются приводимые в табл. 24 средние данные по объему формового хлеба и отношению высоты подового хлеба к его диаметру ($H:D$) при выпечке в условиях увлажнения и неувлажняемой пекарной камеры. Масса штуки хлеба 400 г.

Не могут не влиять на изменение объема хлеба при выпечке и такие факторы, как температура среды пекарной камеры, газообразующая способность ВТЗ к моменту посадки в печь, сила муки, обуславливающая структурно-механические свойства теста, соотношение в тесте муки и воды и пр.

А. С. Гинзбург, анализируя подъем отдельных слоев ВТЗ в процессе выпечки, установил экспериментально, что в связи с различ-

Таблица 24

Условия выпечки	Формовый пшеничный хлеб		Подовый пшеничный хлеб	
	Объем хлеба, см ³	Толщина верхней корки, мм	Отношение $H:D$	Толщина верхней корки, мм
Без увлажнения	1013	3,2	0,27	1,3
С увлажнением	1106	2,5	0,40	0,5

ным гидростатическим давлением подъем отдельных слоев тем больше, чем выше расположен слой теста в куске. Поэтому пористость мякиша хлеба в верхнем его слое обычно заметно выше пористости мякиша в слое, смежном с нижней коркой.

УПЕК

Упеком называют разность между массой тестовой заготовки перед ее посадкой в печь и массой хлеба из нее в момент выхода из печи. Упек принято выражать в процентах к массе ВТЗ в момент посадки в печь. Упек обусловлен испарением из ВТЗ части воды и незначительных количества спирта, углекислого газа, летучих кислот и других летучих веществ.

В. В. Щербатенко и Н. И. Гогоберидзе (ВНИИХП) установили, что при выпечке ржаного хлеба в состав веществ, обуславливающих упек, входило: воды 94,88%, спирта 1,46, CO_2 3,27, летучих кислот 0,31 и альдегидов 0,08%.

Упек при выпечке хлеба и хлебобулочных изделий может колебаться в пределах 6—14% в зависимости от сорта, формы и массы изделия и режима выпечки.

Упек является результатом обезвоживания поверхностного слоя ВТЗ, превращающегося при выпечке в корку. Однако не вся влага этого слоя испаряется в газовую среду пекарной камеры. Часть влаги благодаря термовлагопроводности перемещается в мякиш ВТЗ. В I периоде выпечки (см. выше) образование корки происходит в определенной мере вследствие термовлагопроводности и упек в связи с этим незначителен. При осуществлении начальной фазы выпечки в паровоздушной среде с высокой относительной влажностью в первые минуты выпечки наблюдается не потеря массы ВТЗ, а даже некоторое увеличение ее благодаря конденсации пара. В I периоде выпечки скорость влагоотдачи (в основном определяющая размер упека) постепенно нарастает. Во II периоде выпечки скорость влагоотдачи остается постоянной и равной максимуму скорости, достигнутому в конце I периода выпечки. Поэтому основная часть потери на упек приходится на II период выпечки, когда образование корки в основном происходит в результате испарения влаги в среду пекарной камеры.

Вследствие этого для снижения затраты на упек процесс выпечки целесообразно завершать при повышенной температуре среды пекарной камеры.

Упек является одной из основных технологических затрат при производстве хлеба. Поэтому естественно стремление свести его к минимуму. Однако при этом не следует забывать, что без упека невозможно образование корки хлеба.

Для каждого сорта хлеба существует оптимальная с точки зрения его качества толщина корок. Следовательно, нужно стремиться и упек сводить к численному его значению, оптимальному для данного сорта хлеба.

Упек зависит от ряда факторов. Чем больше масса ВТЗ, тем меньше упек. При равной массе ВТЗ упек тем выше, чем больше удельная поверхность хлеба (поверхность, отнесенная к массе или объему). Однако не вся поверхность хлеба равнозначна с точки зрения влияния на упек. Наибольшее значение имеет открытая, или активная, поверхность хлеба. Активной с точки зрения влагоотдачи является вся поверхность подового хлеба, за вычетом нижней поверхности, соприкасающейся с полом. У формового хлеба активной является поверхность, не соприкасающаяся с боковыми стенками и дном формы.

Корка открытой поверхности хлеба образуется в основном (примерно на 80—85%) в результате влагоотдачи в газовую среду пекарной камеры и только на 20—15% — вследствие термовлагопроводности, вызывающей перемещение влаги в мякиш хлеба.

Боковые и нижняя корки формового хлеба и нижняя корка подового хлеба, наоборот, образуются в значительной мере благодаря термовлагопроводности (перемещение влаги в мякиш хлеба). Поэтому при выпечке формового хлеба упек всегда ниже, чем при выпечке подового хлеба той же массы. В связи с этим конфигурация хлебных форм также может существенно влиять на упек.

Большое влияние на упек оказывает температура среды пекарной камеры во II ее периоде. Чем выше тепловые напряжения на поверхности ВТЗ в это время, тем больше упек. Во II периоде выпечки температура пекарной камеры, если она значительно выше температуры поверхности корки, лишь незначительно ускоряет прогрев мякиша. Поэтому завершать выпечку следует при температуре пекарной камеры, лишь немного превышающей температуру поверхности корки ВТЗ.

Повышение относительной влажности паровоздушной среды пекарной камеры также снижает упек.

Следует отметить, что чем больше удельный объем хлеба, тем больше при прочих равных условиях упек.

НАДРЕЗАНИЕ ТЕСТОВЫХ ЗАГОТОВОК ПЕРЕД ВЫПЕЧКОЙ

На тестовые заготовки для городских и других булок, городских, нарезных и других батонов и целого ряда других хлебобулочных изделий из пшеничного теста после окончания расстойки перед выпечкой наносят продольные, косые или поперечные надрезы. Количество и характер надрезов определяются сортом изделия. Глубина надрезов зависит также от свойств теста, в первую очередь от степени его расстойки. Надрез должен производиться быстрым движением острого, слегка смоченного водой ножа или с помощью надрезающих механизмов.

Назначение надрезов — не только украсить поверхность изделия, но и предохранить ВТЗ от возникновения при выпечке трещин — разрывов корки. Поверхность надрезанного куска теста разрыхляется только по местам надрезов. Поверхность же ненадрезанного

изделия может быть обезображена трещинами в любом месте корки.

Верхнюю поверхность некоторых сортов изделий, преимущественно из ржаного теста, перед выпечкой вместо надрезов накалывают.

РОЛЬ УВЛАЖНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ВЫПЕКАЕМОЙ ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ

Чем выше содержание паров воды в газовой среде, в условиях которой происходит выпечка, тем интенсивнее и длительнее будет конденсация пара на поверхности ВТЗ в начальной фазе выпечки.

При конденсации пара на поверхности ВТЗ происходит интенсивная клейстеризация крахмала и растворение декстринов. Жидкий крахмальный клейстер, содержащий и растворенные декстрины, как бы «заливает» тонким слоем всю поверхность изделия, выравнивая поры и неровности, имеющиеся на ней. После прекращения конденсации слой жидкого клейстера очень быстро обезвоживается, образуя на поверхности корки хлеба пленку, которая после интенсивного теплового воздействия придает корке глянец, ценимую потребителем.

При недостаточном увлажнении газовой среды пекарной камеры в начале выпечки поверхность корки получается матовая и мучнистая.

Конденсация влаги на поверхности ВТЗ в начале выпечки способствует лучшему сохранению растяжимости и эластичности обезвоживаемой поверхностной пленки и замедляет образование нерастяжимой корки. Это влечет за собой увеличение длительности I периода выпечки, в пределах которого может происходить увеличение объема ВТЗ. Поэтому достаточное увлажнение в начальной фазе выпечки способствует увеличению объема хлеба и предотвращает возникновение на его поверхности разрывов и трещин. В этих условиях даже недостаточно растянувшиеся тестовые заготовки могут дать хлеб нормальной формы и объема.

Влияние увлажнения газовой среды на прогрев и влагообмен ВТЗ в процессе выпечки было уже отмечено выше.

Увлажнение поверхности ВТЗ в начальной фазе ее выпечки может осуществляться несколькими способами:

1) повышением влагосодержания газовой среды в начальной фазе выпечки (подводом пара или испарением воды в испарителе, находящемся в пекарной камере);

2) опрыскиванием поверхности ВТЗ в момент поступления в пекарную камеру водой, распыляемой форсунками;

3) смазыванием или смачиванием поверхности ВТЗ перед выпечкой (водой или яичной болтушкой).

Смазывание поверхности ВТЗ водой практикуется при выпечке некоторых сортов ржаного или ржано-пшеничного хлеба (рижского, минского и др.). Смазывание яичной болтушкой применяется при

выпечке ряда сортов сдобных хлебобулочных изделий (любительских и др.). В этом случае начальная фаза выпечки должна протекать в неувлажненной атмосфере пекарной камеры.

При выпечке основных сортов хлеба и хлебобулочных изделий обычно применяется увлажнение (в начальной фазе выпечки) газовой среды пекарной камеры паром, имеющим давление 0,13—0,17 МПа. Расход пара на выпечку 1 т хлеба в зависимости от конструкции печи и увлажнительного устройства колеблется в пределах от 30 до 200 кг.

Экспериментами Н. В. Беликова и А. С. Гинзбурга установлено, что для получения глянца на корке необходимо обеспечить конденсацию на 1 см² поверхности изделия 0,012 г пара, что соответствует расходу пара в количестве около 30 кг на 1 т выпекаемых изделий. Практически же в ряде печей удельный расход пара значительно выше.

Распыление воды форсунками для увлажнения поверхности ВТЗ в начальной фазе выпечки, хотя и практиковалось в печах отдельных конструкций, оказалось, однако, способом менее надежным и не обеспечивающим достаточно высокого качества изделий.

Этот способ увлажнения успешно применяется в ряде случаев для увлажнения поверхности ВТЗ незадолго до окончания выпечки или непосредственно перед выходом хлеба из печи. Глянцевитость корки в результате этого повышается.

ОПТИМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ ВЫПЕЧКИ

Оптимальный режим выпечки может быть установлен лишь с учетом типа и конструкции хлебопекарной печи и вида, сорта и массы выпекаемого изделия.

Однако результаты исследования процессов, происходящих при выпечке, позволяют сформулировать некоторые общие положения, характеризующие оптимальный режим радиационно-конвективного процесса выпечки хлеба и хлебных изделий в хлебопекарных печах обычного типа.

В процессе выпечки можно различать два периода: I период выпечки, происходящий при переменном (увеличивающемся) объеме ВТЗ, и II период, при котором объем ее остается неизменным.

I период выпечки пшеничного хлеба в начальной его фазе должен протекать при высокой относительной влажности (70—80%) и относительно низкой температуре (100—120°C) паровоздушной среды пекарной камеры. Низкая температура паровоздушной среды по сравнению с более высокой повышает ее относительную влажность при том же содержании пара и интенсифицирует процесс конденсации пара на поверхности ВТЗ.

Назначением этой фазы, длящейся 1—3 мин, является максимальная конденсация паров воды на поверхности тестовых заготовок, поступающих в зону увлажнения пекарной камеры. Хорошие результаты дает вынесение этой фазы выпечки в отдельную, расположенную перед основной печью, предварительную камеру. Остальная часть I периода выпечки, до достижения в центре ВТЗ температуры 50—60°C, должна протекать в условиях относительно наиболее высокой (240—280°C) температуры ВТЗ при относительно наиболее высоком (240—280°C) температуре в пекарной камере. Этим обуславливается интенсивное образование корочки на поверхности ВТЗ при достаточно большом температурном градиенте, что

вызывает перемещение влаги внутрь изделия вследствие термолабильности и соответственно уменьшает упек в этом периоде. Своевременное образование в этом периоде выпечки корочки важно с точки зрения накопления в ней веществ, обуславливающих аромат и вкус хлеба, а также с точки зрения сохранения хорошей формы выпекаемого изделия (предотвращается чрезмерная расплывчатость подовых изделий).

Во II периоде выпечки, когда объем и форма ВТЗ уже стабилизировались, интенсивность подвода к нему теплоты и температура в пекарной камере должны быть значительно снижены. Температурный градиент в ВТЗ уже значительно меньше, в связи с тем и роль термолабильности намного меньше; к концу процесса выпечки термолабильность практически сходит на нет.

Повышение в этом периоде температуры среды пекарной камеры и увеличение подвода теплоты ВТЗ очень незначительно ускорило бы процесс прогрева центральных слоев ее мякши. Скорость прогрева мякши при этом обусловлена в основном температурой в зоне испарения (100°C), практически не зависящей от температуры в пекарной камере. Слишком интенсивный подвод теплоты во II периоде выпечки приводил бы только к ускорению углубления зоны испарения, соответствующему утолщению корки и неоправданному увеличению затрат на упек. Может при этом происходить и перегрев поверхностных слоев корки, приводящий к ее чрезмерному окрашиванию и образованию в ней горьковатых на вкус соединений.

В I периоде целесообразно подводить к ВТЗ до 2/3, а во втором — лишь около 1/3 теплоты, затрачиваемой на процесс выпечки.

Некоторые виды хлеба, хлебобулочных и слоеных изделий предъявляют свои специфические требования к режиму процесса выпечки. Так, например, при выпечке тортов и бужо особое внимание должно быть уделено начальной фазе I периода выпечки.

Как показали исследования А. С. Гинзбург и Н. В. Беликова, относительная влажность паровоздушной среды при этом должна быть не ниже 70%, а под печью достаточно нагрет. В зоне увлажнения тестовые заготовки должны находиться около 3 мин.

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ВЫПЕЧКИ

Длительность выпечки хлеба и хлебобулочных изделий зависит от следующих факторов: 1) массы и формы изделия; 2) метода теплоподвода и теплового режима выпечки; 3) способа выпечки — в формах или на поду; 4) плотности посадки на поду и 5) свойств теста, из которого выпекается изделие.

Чем больше масса ВТЗ, тем длительнее выпечка и тем ниже должна быть температура выпечки.

При одинаковой массе ВТЗ их форма также может влиять на длительность выпечки. Чем меньше размеры ВТЗ, определяющие скорость ее прогрева, и чем больше ее удельная поверхность, тем скорее идет выпечка. Поэтому батон выпекается быстрее, чем круглый хлеб той же массы, а тонкая лепешка такой же массы — еще быстрее.

Чем выше температура паровоздушной среды пекарной камеры, тем скорее происходит выпечка. Интенсивное увлажнение в начальной фазе также ускоряет процесс прогрева и, следовательно, сокращает длительность выпечки.

Подовый хлеб, как правило, выпекается быстрее формового хлеба той же массы. При выпечке формового хлеба большое значение имеет также конфигурация хлебных форм, обуславливающая не только длительность выпечки, но и размер упека.

Чем плотнее посадка кусков теста (или форм с тестом) на поду, тем медленнее при прочих равных условиях идет выпечка.

Длительность выпечки может колебаться в пределах от 8—12 мин для мелкоштучных изделий до 60 мин и более для крупного хлеба с массой штуки 2,5 кг и более.

Длительность выпечки хлеба и хлебных изделий является фактором, обуславливающим в значительной мере производительность хлебопекарных печей.

От длительности выпечки зависит и упек, существенно влияющий на выход готовых изделий.

Исходя из этого, понятно стремление многих работников хлебопекарной промышленности свести длительность выпечки к наименьшей, при которой тестовые заготовки уже превратились в «выпеченное» изделие, покрытое корочкой и имеющее мякиш с минимально удовлетворительными структурно-механическими свойствами. Это привело к тому, что за последние десятилетия длительность выпечки ряда видов и сортов хлеба и хлебобулочных изделий существенно сократилась. Нельзя, однако, забывать о влиянии длительности выпечки на показатели качества и пищевой ценности хлеба и хлебных изделий.

При рассмотрении биохимических изменений, происходящих в ВТЗ при выпечке, уже отмечалось, что повышение длительности выпечки хлеба из ржаной обойной муки существенно улучшает его качество. Проведенные во ВНИИХП исследования влияния режима выпечки батонов из пшеничной муки на их качество показали, что и у этого вида изделий длительность выпечки существенно влияет на ряд показателей их качества. Было установлено, что удлинение выпечки улучшает структурно-механические свойства мякши и увеличивает содержание ароматообразующих веществ.

Установлено также, что удлинение процесса выпечки пшеничного хлеба резко повышает содержание ароматообразующих веществ в корке хлеба. Увеличивается вследствие диффузии из корки их содержание и в подкорковых слоях мякши хлеба.

Увеличение толщины, а следовательно, и доля корки в хлебе повышает содержание в нем не только вкусо- и ароматообразующих веществ, но и сухих питательных веществ. Однако, как уже отмечалось, чрезмерное удлинение выпечки нерационально.

Исходя из этого, рекомендуются оптимальные режимы выпечки хлебных изделий, предусматривающие и оптимальную длительность выпечки. Следует также отметить, что более длительная выпечка хлеба, как показывают практика и опыты с пшеничным хлебом, замедляет черствение хлеба.

Государственные стандарты ГДР на хлеб и хлебные изделия регламентируют длительность выпечки для каждого вида и сорта хлеба с учетом его массы и способа выпечки (на поду, в формах). В ГДР (см. журнал *Bäcker und Konditor*, № 12, 1981, с. 357—363) проведены исследования, позволяющие полагать, что упек и сопряженная с ним толщина корок хлеба лучше связаны с качеством хлеба и его сенсорной оценкой, чем величина показателя длительности выпечки.

В ПНР еще в 1969 г. были разработаны и введены нормы оптимальных размеров упека, учитывающие виды и сорта хлебобулочных изделий, массу их штуки, а также способ выпечки — на поду или в формах.

В нашей стране продолжительность выпечки отдельных видов и сортов хлебобулочных изделий регламентируется технологическими инструкциями по их выработке, утвержденными Упрхлебом Минпищепрома СССР в 1973 г. [35].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОТОВНОСТИ ХЛЕБА

Правильное определение готовности хлеба в процессе его выпечки имеет большое значение. От правильности определения момента готовности хлеба (его пропеченности, недопеченности или перепеченности) зависит качество хлеба: толщина и окраска корки и свойства мякиша — его эластичность, сухость на ощупь.

Не менее важно и то, что с каждой минутой излишнего нахождения хлеба в печи увеличивается улеп, а следовательно, уменьшается выход хлеба и увеличивается расход топлива.

Момент готовности хлеба, однако, установить нелегко. Практически на хлебобулочных предприятиях этот вопрос решают на основании органолептически определяемых признаков.

Наиболее надежным и часто применяемым на практике способом органолептической проверки готовности хлеба является испытание упругости мякиша путем легкого и быстрого надавливания пальцем. Но для этого приходится разламывать хлеб, а кроме того, беспорочное суждение о готовности хлеба возможно только после определения упругости мякиша охлажденного хлеба.

Ненадежность и субъективность органолептических способов определения готовности хлеба очевидны. Поэтому проблема изыскания объективных методов определения готовности хлеба в процессе выпечки привлекла внимание многих исследователей. А. Г. Кузьман и другие исследовали изменения коллоидных свойств ВТЗ.

Было установлено, что отдельные показатели гидрофильных свойств мякиша характеризуют готовность хлеба при выпечке.

В качестве показателя готовности хлеба было предложено определение пенообразующей способности его мякиша. Это определение не смогло, однако, найти применения в производственных условиях.

Для определения готовности хлеба предлагались методы и приборы для измерения сжимаемости и относительной упругости мякиша хлеба. Численные значения показателей этих свойств мякиша хлеба зависят, однако, не только от длительности выпечки, но и от ряда других факторов. Поэтому и показатели структурно-механических свойств мякиша хлеба не могут быть объективным показателем готовности хлеба при выпечке.

Наиболее правильным был путь исследователей, избравших в качестве показателя готовности хлеба в процессе выпечки температуру мякиша хлеба. Напомним, что в превращение теста в мякиш, и структурно-механические свойства мякиша являются следствием его прогревания.

В 1946 г. Н. И. Гогоберидзе провела работу по выявлению минимальной, свидетельствующей о готовности хлеба, температуры мякиша в центре пшеничного хлеба в момент выхода хлеба из аскариной камеры.

Опыты проводились с пшеничным подовым и формовым хлебом (масса 400 г). Готовность хлеба определялась органолептически по его качеству, причем главным показателем готовности была пропеченность (эластичность и сухость мякиша на ощупь).

Было установлено, что в условиях проводившихся опытов (выпечка в лабораторной печи при 320°C) для получения готового пропеченного хлеба достаточно было довести в момент выемки хлеба из печи температуру мякиша в центре формового хлеба до 70—75°C и подового (круглого) хлеба до 85°C.

После того как этот хлеб вынимали из печи, температура мякиша в центре хлеба достигала 92—94°C, что и обеспечивало нормальное состояние мякиша остывшего хлеба. Как показали опыты (на рис. 42), рост температуры центра мякиша хлеба после выемки его из печи обуславливается нераспределением теплоты в мякише хлеба. Теплота из более прогретых периферийных слоев мякиша переходит к менее нагретым центральным слоям, увеличивая их температуру с 70 до 90°C.

Эта работа, проведенная в лабораторных условиях с хлебной массой 400 г, подтвердила правильность использования показателя температуры центра мякиша хлеба в качестве критерия, определяющего момент целесообразного окончания его выпечки.

Технологическая лаборатория ВНИИХПа (1951) на основе результатов массовых наблюдений в производственных условиях пришла к выводу, что единственным практически осуществимым и приемлемым методом оперативного производственного контроля готовности хлеба в процессе выпечки является определение температуры центральной части мякиша хлеба. Для основных сортов хлеба эта температура лежит в пределах 93—97°C, изменяясь в этих пределах в зависимости от сорта и массы хлеба, теплового режима выпечки и теплотехнических особенностей печи.

В связи с этим при производственном контроле готовности хлеба по температуре его мякиша для каждого сорта хлеба, выпекаемого в определенной печи, предварительно должна быть экспериментально установлена конечная температура центра мякиша хлеба, характеризующая его готовность.

Для проведения замеров температуры мякиша был создан специальный переносный игольчатый термомизмеритель марки ТХ.

ОБЖАРКА ХЛЕБА

При выпечке некоторых подовых сортов ржаного хлеба (ряжского, минского, украинского и др.) должна применяться предварительная «обжарка» ВТЗ. Обжарка производится в пекарной камере при температуре 320—350°C обычно в течение 4—5 мин. За

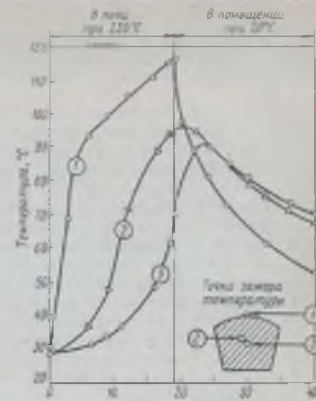


Рис. 42. Температурное поле ВТЗ при выпечке и хлеба после выхода из печи

это время на ВТЗ образуется тонкая пленка-корочка. После этого обжаренные тестовые заготовки вынимают, иногда смачивают их поверхность водой и после известной выдержки (отлежки) пересаживают для допекания в пекарную камеру с температурой около 230°C.

Хлеб, выпеченный с обжаркой, имеет более толстую, но не гребелую корку и приятный специфический вкус и аромат.

Л. А. Бузовым и др. было проведено теплофизическое и технологическое исследование процесса обжарки ВТЗ рижского хлеба. Установлено, что обжарку ВТЗ 800-граммовых батонов рижского хлеба следует производить в течение 5 мин при температуре среды пекарной камеры 320°C и температуре пода примерно 340°C.

Применение обжарки улучшает не только вкус и аромат изделий, но и их форму (предотвращает расплывание) и одновременно позволяет сократить длительность выпечки, которая должна происходить при температуре среды пекарной камеры, снижающейся по ходу процесса выпечки с 230—240 до 180—200°C.

Обжарка ВТЗ может быть заменена выпечкой их при обычной температуре, но при значительном расстоянии между отдельными ВТЗ. Однако это сильно снижало бы производительность печи. Поэтому целесообразно для изделий, выпекаемых с обжаркой, создание ленточных печей сквозного типа со специальными обжарочными камерами.

Исследованиями В. Э. Смольникова (1980) установлено, что для рижского хлеба вместо обжарки расстойки тестовых заготовок, может эффективно применяться и стадия их предварительного пароувлажнения. Эта стадия проводилась в течение 2 мин при температуре паровоздушной среды 120°C и относительной влажности 70%.

ДРУГИЕ СПОСОБЫ ВЫПЕЧКИ ХЛЕБА

Помимо радиационно-конвективной выпечки хлеба в обычных хлебопекарных печах, могут применяться и другие способы выпечки.

С точки зрения механизма подвода или генерации теплоты, вызывающей прогрев ВТЗ, все известные способы выпечки можно классифицировать следующим образом.

I. Способы, при которых теплота к ВТЗ подводится извне:

1) радиационно-конвективная выпечка в обычных хлебопекарных печах;

2) выпечка в хлебопекарных печах с генераторами инфракрасного (ИК) коротковолнового излучения;

3) выпечка в замкнутых камерах в атмосфере пара;

а) в атмосфере насыщенного пара;

б) начало выпечки — в атмосфере насыщенного пара, завершение выпечки — в атмосфере перегретого пара.

II. Способы, при которых теплота выделяется в массе ВТЗ:

1) выпечка с применением электроконтактного (ЭК) прогрева;

2) выпечка в электромагнитном поле токов высокой и сверхвысокой частоты.

III. Способы выпечки с комбинированным прогревом ВТЗ.

1) выпечка в хлебопекарных печах с одновременным высокочастотным и инфракрасным прогревом ВТЗ;

2) выпечка в печах с прогревом сначала в электромагнитном поле токов высокой частоты и завершением выпечки при инфракрасном прогреве;

3) выпечка с одновременным электроконтактным и инфракрасным прогревом;

4) выпечка с последовательным прогревом — сначала электроконтактным и затем инфракрасным.

Практически вся масса хлеба и хлебобулочных изделий, производимых хлебопекарной промышленностью, выпекается по способу I.1. — в обычных хлебопекарных печах. Все остальные способы применяются для выпечки хлеба и хлебобулочных изделий в почти единичных экземплярах соответствующих печей.

Поэтому ниже будут лишь очень кратко и в самом общем виде отмечены некоторые практически важные отличия отдельных из этих способов выпечки¹.

ВЫПЕЧКА В ПЕЧАХ С ГЕНЕРАТОРАМИ ИНФРАКРАСНОГО (КОРОТКОВОЛНОВОГО) ИЗЛУЧЕНИЯ

Мы уже отмечали, что в обычных хлебопекарных печах термическое излучение теплоотдающих поверхностей, имеющих температуру 300—400°C, по максимуму длины волны электромагнитных колебаний (5,4—4,3 мкм) лежит в области инфракрасного излучения, охватывающей колебания с длиной волны от 0,77 до 340 мкм. Поэтому, строго говоря, выпечку в обычных хлебопекарных печах также следует отнести к способу выпечки, при котором в прогреве ВТЗ основную роль играет инфракрасное излучение.

Когда речь идет о выпечке в печах с генераторами инфракрасного излучения, подразумевают обычно применение генераторов относительно коротковолнового инфракрасного излучения (с максимумом длины волны излучения 1—3 мкм).

Для этого вида инфракрасного (далее сокращенно — ИК) излучения характерна способность проникновения в поверхностный слой ВТЗ тем больше, чем меньше максимум длины волны ИК-излучения. Поэтому теплота ИК-излучения воспринимается не только поверхностью ВТЗ, но и поверхностным слоем толщиной в несколько миллиметров. Это обуславливает значительно более быстрый прогрев ВТЗ при ИК-выпечке и в связи с этим резкое сокращение длительности процесса выпечки. С этой точки зрения ИК-выпечка особенно эффективна для мелкоштучных и тонкослойных изделий.

¹ Детальное изложение физических основ ИК-облучения пищевых продуктов см. в специальной литературе [8].

Это подтверждено и опытом эксплуатации первых промышленных печей с коротковолновыми кварцевыми ИК-излучателями, выпущенных Шебекинским машиностроительным заводом под маркой ПИК-8. Эта печь разработана отраслевой лабораторией по хлебопекарным и кондитерским печам КТИППа и проблемной лабораторией МТИППа на основе совместных исследований.

ВЫПЕЧКА В АТМОСФЕРЕ ПАРА

В ГДР и некоторых других странах отдельные специальные виды хлеба (хлеб из грубой шротовой муки, после выпечки заворачиваемый в специальную обертку и затем термически стерилизуемый для длительного хранения; хлеб из ржаной шротовой муки, после выпечки нарезаемый на тонкие ломти, заворачиваемые затем в обертку) не требуют наличия на их поверхности корки и в то же время должны иметь значительно большую, чем обычно, длительность выпечки.

Для выпечки такого хлеба, производимой обычно в формах, применяют специальные камеры с герметично закрывающимися дверцами. В эти камеры закатывают заготовку с формами, заполненными растопившимся тестом, и после закрытия дверей выпускают в камеру насыщенный пар под избыточным давлением.

Таким образом, температура паровоздушной среды в такой «пекарной» камере около 100°C. Это имеет следствием значительно более медленный прогресс ВТЗ, соответственно удлиненное время «выпечки» и получение хлеба, не имеющего привычной нам корки. Такой хлеб с поверхности покрыт пленкой, практически не отличающейся по окраске от мякиша хлеба. Длительность такой «выпечки» исчисляется часами и в зависимости от массы штуки хлеба, его вида и назначения может достигать 12—20 и более часов.

Выпечка в атмосфере пара может, как уже было отмечено, дать только «бескорковый» хлеб, представляющий собой тесто, превращенное прогрессом в состояние мякиша.

ВЫПЕЧКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО ПРОГРЕВА ВЫПЕКАЕМОЙ ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ

Во ВНИИХПе еще в 1936 г. Ф. Г. Шумаевым был разработан способ выпечки хлеба с применением для этой цели электроконтактного прогрева (далее сокращенно — ЭК-выпечка). Детально процесс ЭК-выпечки был в 1953—1954 гг. исследован в МТИППе Я. Г. Островским.

При этом способе тестовая заготовка помещается для расстойки и последующей выпечки в специальные формы. Форма изготавливается из электропроводного, достаточно термостойкого (до 100°C) материала. На внутренней поверхности двух противоположных стенок формы расположены пластины из нержавеющей стали, являющиеся электродами, включаемыми на время выпечки в цепь переменного электрического тока промышленной частоты. При этом электрический ток проходит через тесто, обладающее определенным электрическим сопротивлением, и выделяет при этом тепло, вызывающее быстрый и практически равномерный прогрев всей массы находящегося в форме теста. Поэтому хлеб ЭК-выпечки состоит из мякиша, не имеющего на поверхности обезвоженной и более темнокоричневой корки. Поверхность такого хлеба покрыта тонкой пленкой, не отличающейся по окраске от массы его мякиша.

258

Большая или меньшая электропроводность теста при ЭК-прогреве зависит от содержания в нем ионов солей и кислот.

Процесс ЭК-выпечки завершается при достижении в массе ВТЗ температуры около 98°C и протекает во много раз быстрее, чем при обычной радиационно-воконвективной выпечке.

Характерными особенностями ЭК-выпечки являются:

1. Практически равномерная температура во всей массе ВТЗ.

В приэлектродном поверхностном слое температура на несколько градусов выше, а на остальных участках поверхности ВТЗ — на несколько градусов ниже вследствие отдачи тепла окружающему воздуху и хлебу. В результате этого в ВТЗ нет и практически значимого температурного градиента, а следовательно, отсутствует перемещение влаги в выпекаемое изделие, вызываемое этим градиентом. Следовательно, в процессе ЭК-выпечки термовлагопроводность не играет значимой роли.

2. В связи с отмеченным выше отсутствием на поверхности ВТЗ корки (обезвоженного и окрашенного слоя) отсутствует и зона испарения, расположенная при обычной выпечке под коркой.

При прогреве массы ВТЗ примерно до 80°C испарение влаги может происходить с открытой ее поверхности и в некоторой степени и в приэлектродном слое, поэтому в этом периоде влагоотдача выпекаемого изделия относительно невелика.

Увеличение объема ВТЗ за это время происходит главным образом в результате термического расширения газообразной фазы теста и, возможно, вследствие перехода в газообразное состояние части диоксида углерода, находившегося в жидкой фазе и растворенном состоянии.

Когда масса ВТЗ нагревается выше 80°C (в конце выпечки до 97—98°C), процесс испарения в ее массе интенсифицируется как благодаря переходу спирта в парообразное состояние, так, вероятно, и в результате испарения части влаги с поверхностей межпоровых стенок мякиша. Поэтому в этот завершающий период интенсифицируется влагоотдача с поверхности ВТЗ и продолжается прирост ее объема.

3. В связи с отсутствием на ВТЗ корки увеличение ее объема происходит практически до конца процесса ЭК-выпечки. Поэтому же и объем хлеба при ЭК-выпечке на 5—10% больше объема хлеба из того же теста, полученного путем обычной выпечки. Лучшее в связи с этим и разрыхленность мякиша. Характерна и значительно большая равномерность пористости мякиша по высоте хлеба.

По этой причине общая влагоотдача (упек) ВТЗ при ЭК-выпечке значительно ниже, чем при обычной выпечке.

Исследованиями, проведенными в МТИППе, было установлено, что бескорковый хлеб ЭК-выпечки имеет ряд преимуществ по сравнению с хлебом обычной выпечки в качестве полуфабриката для выработки ржаных сухарей.

ВЫПЕЧКА В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ (ВЧ) И СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ (СВЧ)

Над вопросами исследования и применения ВЧ- и СВЧ-прогрева в хлебопечении работают ученые ряда вузов (МТИПП, ВЗИПП, КТИПП и др.) и НИИ (ВНИИХП и др.). Уже давно установлено,

5*

259

что тела, обладающие свойствами диэлектриков (к таким телам относятся и тесто), будучи помещены в электромагнитное поле токов высокой частоты (10—30 МГц), нагреваются. Теплота при этом выделяется во всем объеме ВТЗ в результате превращения подводимой энергии в теплоту.

В связи с этим выпечка в электромагнитном поле токов высокой частоты может превратить ВТЗ только в бескорковый хлеб, состоящий из одного мякиша.

Прогрев ВТЗ при ВЧ-выпечке происходит на 25—40% быстрее, чем при обычной радиационно-конвективной выпечке. Объем ВТЗ вследствие отсутствия на ней корки увеличивается в течение всего периода выпечки и поэтому на 10—15% больше обычного. Однако возможность получения при этом процессе только бескоркового хлеба делает нецелесообразным его практическое осуществление без совмещения или дополнения ИК-прогревом, обеспечивающим образование корки на поверхности выпекаемого изделия.

В последние годы для особо быстрого прогрева пищевых продуктов и для выпечки тестовых заготовок начал применяться и СВЧ-прогрев в поле электромагнитных колебаний частотой 2300—2500 МГц. Этот метод может применяться и для быстрого (за 30 с) размораживания глубокозамороженного хлеба.

При выпечке в поле СВЧ тестовая заготовка, так же как при ВЧ-выпечке, превращается в практически бескорковый хлеб, состоящий из мякиша, покрытого на поверхности тонкой неокрашенной пленкой.

Этот хлеб имеет удельный объем, на одну треть больший, а упек в 2—2,5 раза меньший, чем у хлеба той же массы и формы при радиационно-конвективной выпечке.

Для ускоренной выпечки хлеба с нормальной коркой наиболее эффективен путь комбинированного СВЧ- и ИК-прогрева ВТЗ.

ВЫПЕЧКА С КОМБИНИРОВАННЫМИ СПОСОБАМИ ПРОГРЕВА ВЫПЕКАЕМОЙ ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ

Как указано выше, ЭК-, ВЧ- и СВЧ-выпечка позволяют получать только бескорковый продукт, представляющий собой мякиш с тонкой пленкой, имеющей ту же окраску, что и мякиш. Поэтому для получения обычного хлеба, имеющего нормальную корку, и ЭК-, ВЧ- и СВЧ-выпечки целесообразно комбинировать со способами прогрева ВТЗ, обеспечивающими образование корки.

Глава IX

Хранение хлеба

Хлеб, вынутый из печи, остывает и теряет в массе от усыхания. При хранении хлеба изменяется и его качество.

280

ОСТЫВАНИЕ И УСУХАНИЕ ХЛЕБА

Температура корки хлеба в момент выхода из печи достигает на поверхности 180°C, на границе с мякишем — около 100, а в среднем — примерно 130°C. Влажность корки в этот момент близка к нулю. Температура мякиша близка к 100°C, а влажность его на 1—2% превышает необходимую влажность теста.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОСТЫВАНИИ И УСУХАНИИ ХЛЕБА

Попадая в хлебохранилище, в котором температура обычно равна 18—25°C, хлеб начинает быстро остывать, теряя в массе в результате усыхания. Остывание начинается с поверхностных слоев хлеба, постепенно перемещаясь к центру мякиша хлеба.

На рис. 43 показано послышное изменение температуры в вынутом из печи пшеничном батоне из муки I сорта, хранившемся отдельно от других батонов на столе в помещении с температурой воздуха 24—26°C. График, приведенный на рис. 43, показывает, что быстрее всего охлаждается корка батона.

Только за время перемещения батона из пекарной камеры на стол температура корки снизилась уже до 110°C. Температура подкорочного слоя была ~96°C, в центре мякиша ~98°C.

После остывания в течение 1 ч одиночного батона температура в центре его мякиша была выше, чем у подкорочного слоя мякиша, на ~13°C и на ~16°C выше, чем у корки. Этот градиент температуры постепенно уменьшается за последующие 2 ч хранения батона.

Таким образом, в начальном периоде хранения батона имел место градиент температуры, способствующий перемещению влаги по направлению от центра мякиша к корке.

Отметим еще тот факт, что температура мякиша остывающего батона по истечении 3 ч его остывания стала несколько ниже температуры окружающего пространства. Причина этого на первый взгляд парадоксального явления установлена нами еще в 1929 г. Она заключается в том, что процесс испарения влаги из хлеба продолжается, хотя и замедленно, даже после охлаждения хлеба до температуры помещения. Тепло, расходуемое на испарение, берется из части мякиша, прилегающего к корке, а не из

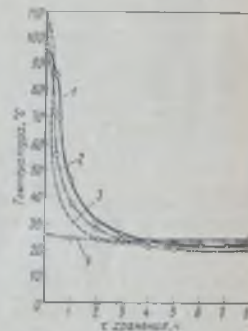


Рис. 43. Изменение температуры в отдельных слоях хлеба при остывании после выхода из печи:
1 — в центре мякиша; 2 — в слое мякиша, прилегающем к корке; 3 — корка; 4 — совмещение

281

воздуха, отделенного от мякиша, коркой, имеющей значительно меньшую теплопроводность, чем мякиш.

Сразу же после выхода из печи начинается его усыхание (усушка) вследствие испарения части влаги и очень небольшой доли легколетучих компонентов хлеба. Наряду с этим происходит и перераспределение влаги в хлебе. Корка в момент выхода хлеба из печи практически почти безводна, но она быстро остывает, и влага из мякиша в результате разности концентрации и температуры во внутренних и внешних слоях хлеба устремляется в корку, повышая ее влажность.

Остывание корки и увлажнение ее до 12—14% происходит в зависимости от температуры в хлебохранилище, массы штуки хлеба и условий его складирования обычно за первые 2—4 ч хранения хлеба после выпечки.

Влажность корки 12—14%, примерно соответствующая равновесной, сохраняется при дальнейшем хранении хлеба. Влажность мякиша хлеба при его хранении постепенно снижается.

Сразу после выпечки слои мякиша, прилегающие к корке, могут иметь влажность, несколько превышающую влажность самой центральной части мякиша. Это, как отмечено в главе VIII, является следствием термовлагопроводности из зоны мякиша, непосредственно прилегающей к корке, к прилегающим к ней слоям мякиша, а также перемещения части пара из зоны испарения в прилегающие к ней менее нагретые слои мякиша и конденсации в этих слоях.

Однако за первые же 30—60 мин хранения хлеба после выпечки влажность слоев мякиша, прилегающих к корке, заметно снижается вследствие миграции влаги в обезвоженную корку, а также последующего испарения из нее в окружающую среду. При этом влажность внешних слоев и центра мякиша становится примерно равной и значительно (на 1—1,5%) более низкой, чем сразу после выпечки.

При дальнейшем остывании и хранении хлеба слой мякиша, смежный с коркой, теряет влагу значительно скорее, чем центральная его часть. Длительное хранение хлеба в течение нескольких суток может привести к тому, что подкорковый слой мякиша вследствие значительной потери влаги станет твердым, не поддающимся деформации при легком нажиме на поверхность хлеба¹.

В процессе остывания хлеба между коркой и мякишем имеется температурный градиент, вскоре после выхода хлеба из печи достигающий заметной величины, но исчезающий до нуля по мере остывания хлеба. Градиент влажности, резко снижающийся в первые несколько минут после выхода хлеба из печи вследствие увеличения за это время влажности корки, незначительно и очень медленно изменяется во время дальнейшего остывания и хранения хлеба.

Одним из основных факторов, обуславливающих интенсивное усыхание хлеба в первый период его хранения и остывания до температуры хлебохранилища,

является повышенная температура мякиша, создающая градиент температуры между коркой и мякишем; этот температурный градиент вызывает перемещение влаги к корке.

Когда хлеб остынет до температуры помещения, температурный градиент равен нулю, термодиффузия влаги прекращается, так же как и интенсивное усыхание хлеба, несмотря на оставшийся значительный градиент влажности между мякишем и коркой.

Из этого, однако, нельзя делать вывод, что только одна термовлагопроводность форсирует усыхание хлеба в период его остывания. Это неверно уже потому, что и скорость концентрационного перемещения влаги, вызываемого градиентом влажности, также зависит от температуры продукта. Чем выше температура продукта, тем скорее идет концентрационная диффузия влаги. Это особенно важно для продуктов, оказывающих большое сопротивление диффузии влаги; к ним относятся и хлеб.

Наряду с термовлагопроводностью и концентрационным перемещением влаги в хлебе решающим фактором, определяющим скорость усыхания хлеба в зависимости от его температуры, является скорость влагоотдачи для так называемой внешней диффузии паров влаги через пленку неподвижного воздуха, окружающего поверхность сохнущего продукта.

В сушильной технике общепринято полагать, что вокруг сушимого (или, как в нашем примере, естественно сохнущего) продукта имеется тонкая пленка практически неподвижного воздуха. Считают, что толщина этой неподвижной пленки уменьшается при увеличении скорости воздуха, омывающего продукт.

Через эту неподвижную пленку (слой Пекле) пары влаги, отдаваемой продуктом, диффундируют в воздух, циркулирующий вокруг. Диффузия паров влаги через пленку неподвижного воздуха носит название внешней диффузии влаги.

Внешняя диффузия через неподвижную пленку воздуха при одинаковой поверхности испарения и скорости воздуха, омывающего сохнущий продукт, зависит от разности парциальных давлений пара, насыщающего воздух при температуре продукта, находящегося по одну сторону пленки, и пара, содержащегося в омывающем продукт воздухе по другую сторону пленки.

Парциальное же давление водяного пара резко возрастает по мере повышения температуры продукта.

Следует заметить, что скорость испарения влаги с поверхности хлеба можно было бы точно выразить формулой, принятой для испарения со свободной поверхности воды, только в том случае, если бы поверхность слои хлеба, отдающие влагу окружающему воздуху, не обладали способностью координировать связь воды и влагосодержание их достаточно быстро повышалось вследствие перемещения влаги из прилегающих к ним слоев мякиша хлеба (т. е. благодаря термовлагопроводности и концентрационному перемещению влаги).

Таким образом, температура остывающего после выхода из печи хлеба является фактором, обуславливающим испарение воды с поверхности хлеба (внешнюю диффузию) и перемещение влаги внутри хлеба (тепловое и концентрационное) и, следовательно, в основном определяющим скорость усыхания хлеба. После того как хлеб остынет до температуры хлебохранилища, этот фактор перестает ускорять процесс усыхания хлеба и последний протекает значительно медленнее. При исследовании процесса усыхания хлеба для его характеристики можно использовать кривую усушки и (по терминологии сушильной техники) кривые сушки и скорости сушки.

Общая масса хлеба или других видов хлебных изделий (G_{Σ}) состоит из массы абсолютно сухих веществ ($G_{\text{св}}$) и массы влаги ($G_{\text{в}}$).

¹ Так, по данным ВНИИХПа, влажность подкоркового слоя мякиша за 3 сут хранения после выпечки снижалась с 44% (через 3 ч после выпечки) до 18%, а толщина этого затвердевшего слоя достигала 4—5 мм.

В хлебопекарной промышленности влажность (W) хлеба и хлебных изделий или их максиса принято выражать в процентах к их общей массе. При этом

$$W_{\text{м}} = (G_{\text{вл}}/G_{\text{м}}) 100.$$

В исследованиях процессов сушки и в их терминология принято понятие суммарной (интегральной) влажности сушеного материала (W^c). Величина W^c сушеного материала отражает массу содержащейся в нем влаги, выраженную в процентах к массе содержащихся в нем абсолютно сухих веществ.

Применительно к процессу естественного усыхания хлеба после выхода его из пекарной камеры

$$W_{\text{м}}^c = (G_{\text{вл}}/G_{\text{сб}}) 100\%.$$

Поэтому численные значения W^c сушенных или сохнувших материалов значительно выше соответствующих значений W .

Для взаимопересчетов значений этих показателей используем формулу

$$W = W^c/(100 + W^c) 100\% \text{ и } W^c = W/(100 - W) 100\%.$$

Для графической характеристики процесса усыхания хлеба при хранении его после выпечки можно использовать описываемые ниже кривые.

Кривые усушки отражают изменения (и нарастание) численных значений усушки хлеба (снижения $g_{\text{вл}}$), как функцию τ хранения его после выпечки. Численное значение $g_{\text{вл}}$ при этом снижается за счет испарения из него части $g_{\text{вл}}^1$.

Величину снижения $g_{\text{вл}}$ за определенный период хранения, а следовательно, и величину усыхания определяют взвешиванием хлеба в момент выхода из печи и повторным взвешиванием его через заданный период хранения. В начальном периоде хранения хлеба, до его остывания, повторные определения его массы взвешиванием должны повторяться более часто (через 0,5–1,0 ч), чем у уже остывшего хлеба. При дальнейшем и особенно при длительном хранении хлеба интервалы между определениями его массы могут быть увеличены (до 8, 12 и даже 24 ч).

Это обусловлено практическим постоянством скорости усыхания хлеба в этом периоде.

Кривые сушки отображают изменения W^c хлеба как функцию τ — его хранения после выпечки.

Целесообразно, чтобы частота и моменты определения численных значений $W_{\text{м}}^c$ совпадали с приведенными выше для определения численных значений усушки по изменению $g_{\text{вл}}$.

Кривые скорости сушки характеризуют скорость изменения суммарной влажности сушеного (или сохнувшего) материала $dW^c/d\tau$ как функцию W^c (или $W^c - W^c_{\text{равновесия}}$).

¹ В начальном периоде хранения хлеба после выпечки, когда он еще не остыл, из него наряду с влагой испаряется еще и небольшая доля и легколетучих компонентов. В общей массе усушки их доля не более 2%.

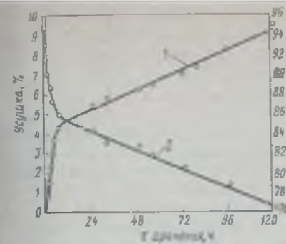


Рис. 44. Кривые усушки (1) и сушки (2) хлеба, хранящегося после выпечки 120 ч

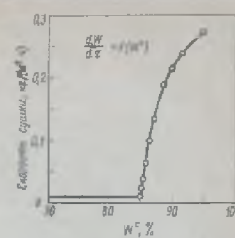


Рис. 45. Кривая скорости сушки хлеба, хранящегося после выпечки 120 ч

При исследовании процесса усыхания хлеба, проводившемся во ВНИИХПе, в течение 120 ч велись наблюдения за изменением массы 467 штук смешанного ржано-пшеничного хлеба из обойной муки (70% ржаной и 30% пшеничной), хранящегося на одной вагонетке в обычных условиях хлебохранилища хлебозавода.

На основе полученных экспериментальных данных были построены кривые усушки и сушки (рис. 44) и кривая скорости сушки (рис. 45).

В процессе естественного усыхания хлеба есть момент, начиная с которого скорость усыхания, быстро падающая по мере остывания хлеба, делается практически постоянной. Особенно четко этот момент, соответствующий $W^c \approx 85\%$, виден на кривой скорости сушки (см. рис. 45). Обычно переход к постоянной скорости усыхания совпадает с моментом, когда температура хлеба становится равной температуре окружающего хлеб пространства.

Таким образом, все время усыхания хлеба может быть подразделено на два периода: первый — период переменной скорости усыхания и второй — период постоянной скорости усыхания хлеба.

В первом периоде скорость усыхания уменьшается в результате снижения температуры хлеба и температурного градиента в нем. Во втором периоде температура хлеба примерно равна температуре окружающего хлеб воздуха и практически постоянна, вследствие чего усыхание идет с постоянной скоростью, обусловленной гидрофильными свойствами хлеба, его размерами, формой и параметрами окружающей среды (температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха).

Как видно из графиков на рис. 44 и 45, скорость усыхания наибольшая в первом периоде усыхания и намного ниже во втором периоде; поэтому основным путем снижения потерь при усыхании хлеба является сокращение длительности первого периода.

Наиболее эффективным способом сокращения длительности первого периода является ускорение охлаждения хлеба после выхода из печи до температуры воздуха в хлебохранилище.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УСЫХАНИЕ ХЛЕБА

Ниже будет кратко рассмотрено влияние на усыхание хлеба температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в хлебохранилище, выпечки хлеба в формах или на поду, увлажнения поверхности хлеба в конце выпечки или сразу после выхода из печи и свойств хлеба.

Температура воздуха. Температура воздуха в хлебохранилище резко влияет на скорость остывания, а в связи с этим и на усыхание хлеба. Чем ниже температура воздуха, окружающего хлеб, тем скорее он остынет до температуры окружающего пространства и тем короче будет первый период усыхания хлеба, в пределах которого интенсивность усыхания хлеба наибольшая.

Низкая температура воздуха замедляет усыхание хлеба и во втором периоде усыхания — периоде постоянной скорости этого процесса. Чем ниже температура воздуха, тем ниже температура хлеба во втором периоде усыхания, тем ниже парциальное давление паров воды над поверхностью хлеба и тем медленнее идет его усыхание.

Нами установлено, что усыхание хлеба идет тем интенсивнее, чем выше температура воздуха, непосредственно окружающего или омывающего хлеб во время его хранения после выхода из печи. Так, например, украинский хлеб с массой штуки 1,2 кг, хранящийся в течение 8 ч, усох за этот период при 43—50°C на 5%, а при 11,5—19°C — на 2%.

Следует отметить, что исключительно пикеты потери на усыхание при хранении хлеба в замороженном состоянии.

Относительная влажность воздуха. Чем выше влажность воздуха, тем медленнее должна идти усушка. Влажность воздуха влияет на процесс испарения влаги с поверхности материала. Чем выше относительная влажность воздуха, тем меньше разность парциальных давлений паров на поверхности хлеба и в воздухе и тем меньше скорость усыхания хлеба.

Однако в первом периоде усыхания хлеба влияние относительной влажности на интенсивность усыхания очень невелика. Чем выше температура хлеба, тем больше парциальное давление паров воды над его поверхностью и тем меньшую роль играет сравнительно небольшая разница в парциальном давлении паров воды в воздухе при обычных пределах колебания его влажности.

Во втором периоде усыхания хлеба, когда температура его не превышает температуры окружающего пространства, влияние относительной влажности воздуха на интенсивность усыхания значительно возрастает.

Скорость воздуха. Рядом исследований было показано, что в первый период усыхания хлеба целесообразно омывание хлеба

воздухом, движущимся со скоростью 0,3—0,5 м/с. Это приводит к ускорению охлаждения хлеба, сокращению длительности первого периода усыхания и в результате этого к некоторому снижению потери в массе хлеба.

На рис. 46 приводим график, характеризующий влияние различной скорости воздуха (при 20°C) на усыхание хлеба. Эти данные свидетельствуют о том, что повышение скорости воздуха способствует ускорению охлаждения хлеба и, как видно из графика, снижению потери на усыхание хлеба на 0,5—0,7%.

Опыты, проведенные лабораторией кондиционирования воздуха ВНИИХПа на производственной опытной установке (в специальной камере для вагонеток с хлебом, снабженной оборудованием для кондиционирования воздуха), подтвердили целесообразность применения такого рода устройств (охладителей, или кулеров), позволяющих ускорить охлаждение хлеба и снизить его усушку на 0,5—0,9%.

Влажность и упек хлеба. Опытами, проведенными во ВНИИХПе, было показано, что чем выше влажность хлеба, тем выше, при прочих равных условиях, его усушка. Так, например, увеличение влажности мякиша ржаного хлеба из обойной муки на 2% вызывало увеличение усыхания хлеба: за 4 ч — на 0,26—0,42%, а за 7 ч — на 0,42—0,50%.

Установлено также, что между упеком и усушкой хлеба существует обратная зависимость: чем больше упек, тем меньше усушка, и наоборот.

Способ выпечки хлеба (в формах или на поду). Подовый хлеб, как правило, имеет упек более высокий, а влажность более низкую, чем формовой хлеб того же развеса. Поэтому усушка формового хлеба больше по сравнению с подовым.

Ржаной хлеб из обойной муки при массе штуки около 1,1 кг и при выпечке его в формах и на поду (в виде круглого хлеба) имел следующие показатели (табл. 25).

Показатели, %	Хлеб	
	формовой	подовый
Влажность мякиша	52,8	49,2
Упек	11,6	13,3
Усушка за 4 ч	2,03	0,86
Усушка за 6 ч	2,19	1,04

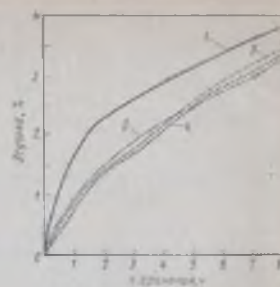


Рис. 46. Влияние скорости движения воздуха на усыхание хлеба:

1 — 0 м/с; 2 — 0,3 м/с; 3 — 1 м/с; 4 — 2 м/с

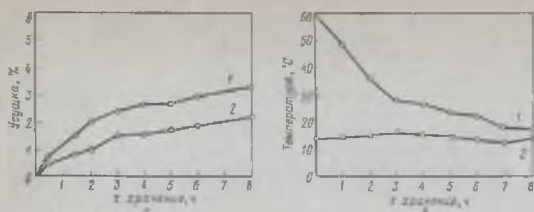


Рис. 47. Изменения, происходящие в хлебе при его хранении в ящиках и на стеллажах:

1 — усушка хлеба при хранении в ящиках (1) и на стеллажах (2); 2 — температура воздуха между хлебами в ящике (1) и в помещении хранения (2)

Как видно из этих данных, усушка подового хлеба была меньше усушки формового примерно на 1,1%.

Объем и масса хлеба. Работы, проводившиеся во ВНИИХПе по изучению заварок (см. выше, гл. V), показали, что удельный объем хлеба (разрыхленность, пористость) является фактором, влияющим и на уток, и на усушку. Чем больше удельный объем хлеба, тем выше его усушка. Установлено также, что чем больше масса штуки хлеба, тем меньше усушка.

Способ хранения хлеба. Нами было установлено, что усушка хлеба, уложенного горячим в ящики со сплошными стенками, после 12 ч хранения приблизительно на 1% больше по сравнению с хлебом, хранявшимся при той же температуре хлебохранилища на решетчатых полках стеллажей, допускающих свободное омывание хлеба воздухом (рис. 47, а).

Причина большего усыхания хлеба, остывающего и хранящегося в ящиках, станет ясной, если мы проследим параллельно температуру воздуха в хлебохранилище и температуру прослоек воздуха между штуками горячего хлеба в ящике (рис. 47, б).

Как видно из графика, температура воздуха между хлебами в ящике, особенно между горячими, выше температуры воздуха в помещении самого хлебохранилища. В этом и кроется причина большого усыхания хлеба в первое время его хранения в ящиках.

Исходя из этого, можно предположить, что после того как хлеб в ящиках остынет до температуры помещения, он будет усыхать медленнее, чем хлеб, хранящийся после охлаждения на стеллажах. Поэтому целесообразнее всего хлеб быстро охладить (в кулерах или на стеллажах) и затем при необходимости длительного хранения укладывать в ящики.

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ХЛЕБА ПРИ ХРАНЕНИИ

Хлеб в момент выхода из печи имеет среднюю температуру корки около 130°C, а центра мякиша 95—98°C.

Корка хлеба в этот момент практически обезвожена и поэто-

му тверда и хрупка. Как уже отмечалось, влажность быстро остывающей корки в первые часы хранения хлеба повышается до 12—15% благодаря перемещению влаги из мякиша. В результате повышения влажности корка хлеба становится мягкой, эластичной и как бы резинообразной.

Эти свойства корки тем резче выражены, чем тоньше корка и чем выше ее влажность.

При длительном хранении незавернутого хлеба корка опять становится более твердой и хрупкой в результате постепенного высыхания. При длительном хранении это происходит и с подкорковым слоем мякиша.

Мякиш хлеба (особенно хлеба крупного по массе) остывает значительно медленнее корки, сохраняя в течение 1—3 ч после выхода из печи температуру в центральной части, превышающую 50—60°C. В этот промежуток времени в мякише хлеба продолжают некоторые процессы, происходящие при выпечке.

Так, например, работами МТИППа и ВНИИХПа установлено, что в мякише ржаного хлеба из обойной муки в первые два часа после выпечки, пока центральная часть его остывает до 60°C, увеличивается содержание сахаров, декстринов и общее количество водорастворимых углеводов и других веществ. Увеличивается также степень клейстеризации зерен крахмала и липкость мякиша.

Следует отметить, что даже при длительном хранении хлеба, после того как температура в центральной части мякиша стала ниже 60°C, почти не происходит дополнительного увеличения количества водорастворимых углеводов.

При изучении процесса приготовления хлеба длительного хранения установлено, что при повторном прогреве (с целью стерилизации) выпеченного и охлажденного хлеба до температуры центральной части мякиша 85°C содержание в мякише сахаров и общего количества водорастворимых веществ также увеличивается.

Специальными опытами показано, что пророст содержания сахаров, декстринов и общего количества водорастворимых веществ в мякише хлеба, выпеченного из ржаной муки, вызывается не действием амилаза, полностью ингибированных при выпечке этого хлеба, а кислотным гидролизом крахмала мякиша, продолжающимся до тех пор, пока мякиш не остынет примерно до 60°C.

ЧЕРСТВЕНИЕ ХЛЕБА

При хранении хлеба в обычных температурных условиях (15—25°C) примерно через 10—12 ч появляются признаки черствения, усиливающиеся по мере дальнейшего увеличения длительности хранения хлеба.

Потребитель при определении степени свежести или черствости хлеба может органолептически воспринимать и учитывать изменения следующих свойств хлеба:

1) структурно-механических свойств мякиша: мягкий, легко сжимаемый, не крошащийся мякиш свежего хлеба в процессе хранения хлеба становится все более «твердым», менее сжимающимся и более крошащимся;

2) структурно-механических свойств корки: гладкая, твердая и хрупкая корка свежего хлеба при хранении становится мягкой, эластичной и иногда морщинистой;

3) аромата и вкуса: сильно выраженный приятный аромат и вкус свежего хлеба при хранении постепенно утрачивается. При более длительном хранении хлеб приобретает нестойкий свежести хлебу специфический запах и вкус черствого (лежалого) хлеба.

Однако практически потребитель при оценке степени черствости хлеба чаще всего исходит только из результатов органолептического определения структурно-механических свойств целого хлеба и, если возможно, то и его мякиша. Это не случайно. Так, например, изменение структурно-механических свойств корки обусловлено только изменением ее влажности. Кати экспериментально показал, что корка, отделенная от хлеба сразу после выпечки, при хранении в условиях, исключающих повышение ее влажности (в заляпанной стеклянной ампуле), полностью сохраняла свои структурно-механические свойства (твердость и хрупкость) в течение 20 лет. Сцепочные же для процесса черствения хлеба изменения структурно-механических свойств мякиша происходят и в условиях, полностью исключающих изменение его влажности.

При хранении хлеба его вкус и аромат изменяются одновременно с изменением структурно-механических свойств мякиша.

Утрата при хранении вкуса и особенно аромата, присущего свежему хлебу, объясняется потерей и связыванием компонентами мякиша части летучих веществ, их обуславливающих. Возможно, что известную роль играют и процессы медленного окисления отдельных компонентов ароматообразующих веществ.

Вкус и особенно аромат хлеба в значительной мере обусловлены процессами, происходящими при выпечке в корке хлеба, в частности процессом меланоидинообразования.

Ароматические и вкусовые вещества корки частично перемещаются в мякиш хлеба не только в процессе выпечки, но и при хранении выпеченного хлеба.

В 1966 г. в МТИППе исследовали изменение содержания бисульфитсвязывающих веществ (в основном альдегидов) в корке и мякише пшеничного хлеба при хранении его после выпечки.

Содержание бисульфитсвязывающих веществ определялось по методике, разработанной Р. Р. Токаревой и В. Л. Кретовичем для определения ароматообразующих веществ в хлебе, и выражалось в миллилитрах 0,1 н. раствора йода на 100 г СВ корки или мякиша.

Содержание ароматообразующих бисульфитсвязывающих веществ определялось (рис. 48): 1 — в верхней корке хлеба; 2 — в части мякиша, расположенной под верхней коркой (на 1—5 см от верхней корки), и 3 — в центральной части мякиша. На рисунке приведены типичные кривые, характеризующие изменение содержания ароматообразующих веществ в корке и указанных выше частях мякиша хлеба из пшеничной муки 1 сорта (масса 0,5—0,6 кг) при хранении его в течение 120 ч после выпечки.

Из рассмотренного показывается, что содержание ароматообразующих веществ в корке (кривая 1) значительно выше, чем в мякише, и в процессе хранения неизменно снижается. Это объясняется как улетучиванием части ароматообразующих веществ из корки в окружающую среду, так и диффузией их в мякиш хлеба. Вследствие этого содержание ароматообразующих веществ в мякише (см. кривые 2 и 3) за первые примерно 20 ч после выпечки существенно не

растает. Поэтому же и содержание этих веществ в части мякиша под коркой (кривая 2) выше, чем в центральной его части (кривая 3).

При последующем хранении хлеба (за период с 21 до 120 ч после выпечки) содержание ароматообразующих веществ начинает заметно снижаться и в мякише (см. кривые 2 и 3). Природа этого снижения не ясна. Предположение об улетучивании ароматообразующих веществ в окружающую среду в отношении мякиша, особенно его центральной части, маловероятно.

Возможно, что при длительном хранении хлеба происходят какие-то химические превращения ароматообразующих веществ или физико-химические процессы, приводящие к их связыванию, делающие их недоступными для определения обычным методом и приводящие к утрате их ароматообразующих свойств.

С этой точки зрения представляется интерес сообщение, сделанное в

1965 г. американским исследователем Шочем. Им изучались свойства выпеченного хлеба, консервированного в герметически закупоренных банках. При вскрытии банки после двухлетнего хранения было установлено, что содержащийся в ней хлеб совершенно не имел аромата, присущего свежевыпеченному хлебу. Ощущался лишь запах пригорелого жира, являвшегося, очевидно, в рецептуру хлеба. Другая банка консервированного хлеба этой же партии была подвергнута прогреву в кипящей воде с целью «освежения» содержащегося в ней хлеба. После этого вскрытия этой банки дало неожиданный результат. Хлеб двухлетнего хранения, освеженный прогревом, имел ясно и достаточно интенсивно выраженный приятный аромат свежевыпеченного хлеба. С тех пор, отметил Шоч, его преследует вопрос, куда делись ароматообразующие вещества хлеба в процессе длительного хранения и откуда они вновь появились после его освежения.

Шоч допускает возможность того, что ароматообразующие вещества хлеба захватываются спиральными образованиями линейных цепочек амилозы в мякише хлеба, что делает их недоступными и лишенными ароматических свойств. Повторный же прогрев хлеба при освежении должен разрушать эти спиральные образования с высвобождением при этом ароматообразующих веществ в их исходном состоянии. Естественно, это лишь очень гипотетически предположение, лишенное даже элементов экспериментального подтверждения.

А. Ахерман и Х. Нойком в 1976 г. опубликовали результаты исследования изменений аромата и вкуса пшеничных батонов из высосортной муки, выпекавшихся обычным способом и хранявшихся после выпечки в течение 10 сут при 19—24°C и относительной влажности от 40 до 70%. При этом масса батонов в результате усыхания снизилась на 15%.

Естественно, что за это время батоны практически утратили аромат и вкус, присущие свежевыпеченным изделиям и приобрели привкус и оттенок запаха, характерный для черствого хлеба.

Исследовалась кинетика содержания, улетучивания и перемещения в массе целого изделия, корки и мякиша отдельных групп и веществ, обуславливающих аромат и вкус продукта (в том числе и спиртов, кислот и т. п.).

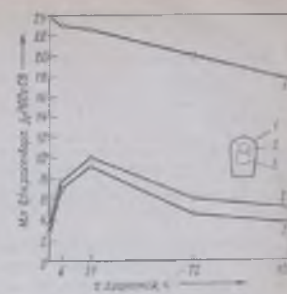


Рис. 48. Изменение содержания бисульфитсвязывающих соединений в хлебе в процессе его хранения после выпечки

На основе экспериментальных данных авторы пришли к заключению, что изменения аромата и вкуса батона при их хранении вызваны в основном следующими явлениями:

- 1) улетучиванием ароматообразующих и отдельных вкусообразующих веществ; за 10 дней хранения этих веществ улетучилось более 50% от их содержания в свежевыпеченном изделии;
- 2) диффузией отдельных аромато- и вкусообразующих веществ из корки в мякиш изделия;
- 3) окислительными изменениями отдельных ароматообразующих веществ; в качестве примеров таких изменений авторы приводят окисление кислородом воздуха ацетона в диацетид для л-гексала в образовании при этом капроновой кислоты;
- 4) адсорбцией ароматообразующих веществ крахмалом и белками хлебного изделия.

Основными причинами утраты при хранении аромата хлебных изделий можно, очевидно, считать их улетучивание и адсорбцию крахмалом и белками продукта.

Появление специфического привкуса и запаха черствого изделия, по нашему мнению, связано с окислительными и другими возможными взаимодействиями оставшихся в хлебе и адсорбированных в нем ароматообразующих веществ.

Сушность процесса черствения хлеба

Несмотря на то что процесс черствения хлеба изучается уже более ста лет, сущность и механизм этого процесса недостаточно ясны.

Многие потребители хлеба считают, что черствение хлеба является результатом его усыхания. Однако еще в 1853 г. Буссенго установил, что хлеб черствеет и в условиях, исключающих потерю влаги. То, что черствение хлеба не связано с потерей влаги, подтверждается практикой освежения черствого хлеба — повторным подогревом его в печи. При этом хлеб теряет дополнительное количество влаги, однако мякиш его восстанавливает структурно-механические свойства, присущие мякишу свежего хлеба.

Выше уже отмечалось, что наиболее характерными для процесса черствения хлеба являются изменения структурно-механических свойств мякиша хлеба. При черствении хлеба снижается сжимаемость и эластичность мякиша и возрастает его крошковатость. Однако эти изменения являются не причиной, а следствием процессов, вызывающих черствение.

Установлено, что при черствении хлеба происходят определенные изменения в микроструктуре его мякиша.

Для структуры мякиша хлеба характерно наличие пор, ограниченных межпоровыми стенками, составляющими губчатый остов. Рассмотрение под микроскопом межпоровых стенок мякиша показывает, что они состоят из сплошной массы коагулированного при выпечке белка (клейковины), внутрь которого вкраплены набухшие, частично клейстеризованные зерна крахмала. Эти зерна крахмала в стенках пор несколько вытянуты, расположены параллельно их плоскости и со всех сторон окружены массой коагулированного

белка. Лишь отдельные немногочисленные зерна крахмала непосредственно соприкасаются между собой.

Таким образом, непрерывную фазу губчатого скелета мякиша составляет масса свернувшегося белка. В свежем хлебе зерна крахмала всей своей поверхностью вплотную прилегают к массе коагулированного белка, в связи с чем резкой, четко видимой границы между ними не наблюдается.

В мякише черствого хлеба зерна частично клейстеризованного крахмала видны более четко, так как вокруг части их поверхности образуется тонкая воздушная прослойка. Чем черствее хлеб, тем более четко видны прослойки воздуха, свидетельствующие об уменьшении объема крахмальных зерен.

Какие-либо изменения в структуре белковой части межпоровых стенок микроскопическим методом не улавливаются.

Отмеченные выше изменения в микроструктуре стенок пор мякиша, в частности образование воздушных прослоек вокруг уменьшившихся в размерах крахмальных зерен, обычно рассматриваются как причина, обуславливающая повышенную крошковатость мякиша черствого хлеба.

Однако отмечаемое микроскопическим методом уменьшение объема крахмальных зерен также, очевидно, является не первопричиной процессов, вызывающих черствение хлеба, а их следствием.

Многочисленными исследованиями установлено, что при черствении хлеба изменяются гидрофильные свойства мякиша. Установлено, что при черствении хлеба снижается способность мякиша к набуханию и поглощению воды, а также способность мякиша к другим веществам переходить в водный раствор. Уменьшается при этом и общее количество водорастворимых веществ, и растворимость в воде крахмала мякиша.

Прежде, исходя из опытов Катца, считали, что снижение растворимости крахмала мякиша при черствении происходит в результате уменьшения растворимости амилозы крахмала. Однако последующие исследования показали, что в условиях мякиша хлеба (и 50%-ных прогретых крахмально-водных паст) растворимая часть крахмала, уменьшающаяся при черствении, представлена главным образом амилпектином.

Работами А. В. Думанского и А. Г. Кульмана было показано, что способность мякиша хлеба коллоидно связывать воду в процессе черствения хлеба также понижается.

В результате снижения способности мякиша к набуханию, связыванию влаги и растворению в воде при черствении хлеба снижается вязкость водных суспензий измельченного мякиша и увеличивается скорость их фильтрации.

Изменения гидрофильных свойств мякиша, несомненно, сказываются на его структурно-механических свойствах. Однако эти изменения являются не первопричиной, а следствием тех процессов, которые, собственно, и вызывают явление черствения хлеба.

В чем же первопричина процесса черствения хлеба?

Линде впервые связал черствение хлеба с представлением о ретроградации крахмала мякиша.

В ВТЗ крахмал частично клейстеризуется, поглощая при этом воду, выделяемую коагулируемыми белковыми веществами. Вследствие этого крахмал переходит из исходного кристаллического в измененное, в значительной мере аморфное состояние. При этом он поглощает значительное количество воды, выделяемой коагулируемыми в ВТЗ белками.

При хранении выпеченного хлеба в его мякише происходит ретроградация крахмала, т. е. частичный обратный переход крахмала в кристаллическое состояние, приближающееся к тому, в котором крахмал был в тесте до выпечки. При этом структура крахмала уплотняется, уменьшается его растворимость и происходит частичное выделение влаги, поглощенной при клейстеризации. Считают, что влага, выделяемая при ретроградации крахмала, воспринимается белками мякиша хлеба.

Представления о ретроградации крахмала мякиша как основной причине процесса черствения были затем развиты и экспериментально подтверждены рядом исследований Катца и его сотрудников. Применяя рентгеноспектрографический метод исследования, Катц изучил изменение крахмала в процессе выпечки и последующего хранения хлеба.

Исходный крахмал зерна и муки дает рентгеноспектр, типичный для кристаллического строения зерен крахмала (рентгеноспектр А). Этот рентгеноспектр сохраняется неизменным и в тесте перед выпечкой. Крахмал при выпечке хлеба частично клейстеризуется. Наступает первая стадия клейстеризации, обусловленная наличием воды в тесте в количестве, недостаточном для полной клейстеризации крахмала. Поэтому мякиш хлеба дает рентгеноспектр V, отличный от рентгеноспектра А теста и исходного крахмала. Рентгеноспектр V (спектр клейстеризованного крахмала мякиша хлеба) характеризует сочетание элементов аморфного состояния крахмала с элементами кристаллического строения. Однако кристаллическое строение частично клейстеризованного крахмала мякиша хлеба существенно отличается от кристаллического строения крахмала в муке и тесте перед выпечкой.

Мякиш черствого хлеба дает новый рентгеноспектр В, состоящий в себе элементы рентгеноспектров А и V. Чем черствее хлеб, тем ближе спектр В к характеру спектра А.

Рентгеноспектр В, наблюдаемый у мякиша черствого хлеба, Катц называет спектром ретроградации крахмала.

По Катцу, крахмал мякиша хлеба представляет собой термодинамически равновесную систему двух его форм — α - и β -форм. α -Форма крахмала характерна для свежего хлеба, β -форма — для черствого. α -Форма крахмала устойчива при температуре выше 60°C , поэтому при этой температуре ретроградации крахмала и черствения мякиша хлеба не происходит. При более низких температурах (до -2°C) равновесие сдвигается в сторону перехода α -формы в β -форму, характерную для черствого хлеба.

Чем длительнее хранится хлеб, тем большая часть α -формы крахмала переходит в β -форму и тем черствее хлеб.

Таким образом, Катц рассматривает ретроградацию крахмала как изменение соотношения в нем α - и β -форм, вызываемое переходом более легко растворимой и менее структурно прочной α -формы в β -форму.

В свете результатов более поздних работ ретроградацию частично клейстеризованного крахмала мякиша хлеба при черствении можно рассматривать как процесс агрегации его структурных элементов. Цепочки молекул амилозы при этом могут занимать более упорядоченное параллельное положение с возможным образованием между ними водородных или иных поперечных связей-мостиков. Некоторые исследователи считают, что основную роль в ретроградации крахмала в условиях мякиша хлеба играет его амилопектиновая фракция.

Так, например, Шоч (1965) главную роль в изменении структурно-механических свойств мякиша хлеба в процессе его черствения отводит амилопектиновой (разветвленной) фракции крахмала.

Рассматривая ретроградацию крахмала вообще, он отмечает, что нерастворимым цепочкам амилопектиновой фракции крахмала присуща тенденция к физическому взаимопритяжению и связыванию водородными связями по гидроксильным группам (гидроксогруппам) смежных цепочек или отдельных их смежных участков с образованием соответствующих ассоциатов. В разбавленных растворах крахмала при их длительном стоянии цепочки отдельных молекул амилозы сближаются, параллельно ориентруются и ассоциируются в так бы плотный «пучок» — образование, которое выпадает из раствора в осадок.

В более концентрированных системах, например прокипяченной крахмальной пасте, амилозные цепочки при ее охлаждении не имеют времени и пространственных условий для полной взаимной ориентации и поэтому их сближение происходит быстрее, но ассоциирование беспорядочное и не по всей длине цепочек, а лишь по отдельным, смежно расположенным их участкам. В результате ассоциат образуется в виде сетчатой структуры, являющейся основой образования структурированного геля. Образование таких ассоциатов амилозных цепочек и представляет собой процесс ретроградации.

Шоч особо подчеркивает трудную обратимость процесса ретроградации амилозы. Ассоциаты, выпавшие в осадок, могут опять перейти в раствор или структурированный гель и перейти в жидкое состояние лишь при нагревании до $140-150^\circ\text{C}$.

В отношении прогреваемого теста и мякиша хлеба с относительно невысоким общим содержанием влаги, особенно влаги, находящейся в свободном состоянии, можно предполагать возможной лишь вторую описанную выше форму протекания процесса ретроградации амилозной фракции крахмала с образованием ассоциатов сетчатой структуры.

В отношении разветвленной амилопектиновой фракции крахмала нельзя предполагать образования полных межмолекулярных ассоциатов. Однако в концентрированных растворах (системах) амилопектиновая фракция крахмала, по мнению Шоча, также может претерпевать изменения типа ретроградации, выражающиеся в том, что отдельные смежные ответвления сближаются, притягиваются, ассоциируются и образуют более компактное образование со сближенными и взаимноориентированными в виде «пучка» ответвлениями.

Изменения крахмала и его линейной и разветвленной фракций в процессе выпечки, последующего остывания и черствения хлеба Шоч представляет себе следующим образом.

При прогреве ВТЗ в процессе выпечки зерна крахмала ограничено набухают, впитывая влагу. Структура их размягчается и теряет радиальную упорядоченность взаиморасположения цепочек молекул амилозы, амилопектина и его

ответственной. Это обуславливает, кстати говоря, и утрату зернами крахмала их «кристаллической» структуры, отмеченную выше. Шюц полагает, что при набухании зерен крахмала часть амилозных цепочек переходит в раствор и в таком виде диффундирует в жидкую фазу мякиша ВТЗ. Ветви цепочек амилопектина в набухших при выпечке зернах крахмала также располагаются взаимно перпендикулярно.

Уже в процессе остывания выпеченного хлеба амилозные цепочки в жидкой фазе мякиша ассоциируются и образуют вне набухших зерен крахмала структурную сетку геля. Этот структурированный гель и придает, по мнению Шюца, мякишу свежего хлеба свойственные ему упругие свойства.

В последующем процессе черствения эти уже ретроградировавшие амилозные цепочки участия не принимают. Изменения, происходящие при этом в набухших зернах крахмала мякиша хлеба, сводятся к описанному выше типу «ретроградации» молекул амилопектина, точнее — их ответвлений.

Известно этим изменениям Шюц и приписывает роль первопринципи изменения структурно-механических свойств мякиша хлеба при его черствении. Можно себе представить, что превращение при этом амилопектина в более компактные образования приводит к общему уменьшению объема набухших зерен крахмала мякиша, к увеличению их твердости и, как следствие, к увеличению твердости и крошечности мякиша.

Ведущую роль изменений амилопектиновой фракции крахмала в процессе черствения Шюц обосновывает соображениями, связанными с практикой освежения черствого хлеба повторным его прогревом.

Прочность ассоциации цепочек из глюкозных остатков — линейных у амилозы и разветвленных у амилопектина — зависит от длины цепочек. Чем длиннее ассоциированные цепочки (или их участки), тем прочнее ассоциат. Длина линейной цепочки молекулы амилозы, состоящей из 500—2000 глюкозных остатков, во много раз больше длины отдельных ответвлений амилопектина, состоящих обычно из 20—30 глюкозных остатков. Поэтому для ретроградации ассоциатов цепочек амилозы нужен прогрев до 140—150°C.

Ассоциированные же цепочки ответвлений молекулы амилопектина диссоциируют уже при нагреве до 50—60°C.

Тот факт, что хлеб, хранящийся при температуре выше 60°C, не черствеет, а мякиш черствого хлеба, прогретый до этой температуры, «освежается», является, по мнению Шюца, убедительным доказательством правильности его представлений о ведущей роли амилопектина в процессе черствения хлеба.

Надо признать, что с этой точки зрения представления о сущности черствения хлеба, развиваемые Шюцем, являются достаточно логичными.

Однако эти представления вызывают и ряд замечаний. Рассматривая черствение хлеба, Шюц говорит только о зернах крахмала и окружающей их прослойке воды, находящейся в невязанном состоянии. Непрерывной вязкой фазы теста и мякиша, в которую вкраплены зерна крахмала, в представлениях, развиваемых Шюцем (специалистом по исследованию крахмала), вроде бы и не существует.

Второе замечание сводится к тому, что в схемах, иллюстрирующих изменения крахмала мякиша хлеба в процессе выпечки и черствения, в набухших при выпечке зернах крахмала указывается на наличие и последующие изменения в них только молекул амилопектина. Амилоза же изображается как целиком диффундировавшая из зерен крахмала в окружающую их жидкую фазу, в которой она при охлаждении хлеба ассоциируется. В отношении некоторой части молекул амилозы это вполне вероятно. Однако амилозы в крахмале пшеницы содержится примерно 23%. Поэтому основная часть амилозы и после выпечки, несомненно, будет череду («перпендикуляр») с амилопектином оставаться в набухших зернах крахмала мякиша хлеба и поэтому не сможет не участвовать в процессах ассоциирования (ретроградации) при черствении хлеба.

Нам представляется практически исключенным образование в набухших зернах крахмала полностью по всей длине цепочки ориентированных ассоциатов молекул амилозы. Однако ввиду нахождения молекул амилозы между отдельными разветвленными молекулами амилопектина следует допустить возможность ассоциирования отдельных участков цепочек молекул амилозы и с отдельными смежными с ними участками цепочек ответвлений молекул амилопек-

тина. Хотя эта ассоциация происходит не по всей длине цепочки молекулы амилозы, а носит лишь местный характер, она будет способствовать повышению жесткости, твердости и компактности набухших зерен крахмала и мякиша черствого хлеба и в то же время может не требовать для разрушения этих ассоциатов нагрева до 140—150°C, необходимого для диссоциации ассоциированных агрегатов амилозы.

Оствальд, А. Г. Кульман, В. И. Назаров и другие исследователи считают, что черствение хлеба вызывается процессом синерезиса крахмала, клейстеризованного в процессе выпечки.

Явление синерезиса геля также включает агрегацию элементов дисперсной фазы, сопровождающуюся выделением свободной дисперсионной жидкой среды (для клейстеризованного крахмала — воды). Исходя из этого, нет необходимости в противопоставлении явлений ретроградации и синерезиса крахмала в процессе черствения хлеба.

Явление синерезиса хорошо изучено и происходит в гелях при охлаждении клейстеризованного и избытке воды крахмала.

В ВТЗ процессе клейстеризация зерен крахмала происходит лишь в начальном его этапе, выражающемся в их набухании, размягчении и частичной деформации. Для полной клейстеризации в тесте явно недостаточно воды. Поэтому нет оснований полагать, что и в набухших при выпечке зернах крахмала мякиша хлеба будет наблюдаться явление синерезиса, сопровождающееся выделением свободной воды, которая при этом должна бы восприниматься деаэрированными при выпечке белком межпоровых стенок мякиша, в которые вкраплены зерна крахмала.

Нам не известны никакие-либо убедительные экспериментальные данные, подтверждающие такое перемещение влаги от крахмала к белку мякиша в процессе черствения и в обратном направлении — при освежении черствого хлеба его прогреванием.

В связи с этим уместно упомянуть о мнении М. И. Книгиничева, рассматривавшего процесс черствения хлеба с точки зрения соотношения свободной и связанной воды и форм и состояния отдельных видов связанной воды в тесте, ВТЗ, в свежем, черством и освеженном прогревом хлебе.

Выделение воды в результате синерезиса набухших крахмальных зерен мякиша хлеба в процессе черствения Книгиничев отрицает. Он выдвигает в качестве возможного представление о том, что вода, захваченная микропорами крахмала и белка мякиша хлеба (а ее примерно половина от общего количества связанной воды), при его черствении структурно перестраивается в решетку (более «рыхлую» решетку льда). Эта решетка затем может перейти и в более плотную «узелковую» либо в результате заполнения пустот («заирок») в сетке молекулярную сетку, либо в результате заполнения пустот («заирок») в сетке молекулярную сетку. Такая структурированная уплотненная вода образует со стенками микропор единую упорядоченную структурную систему, характерную, по мнению Книгиничева, для черствого хлеба. При освежении хлеба нагреванием такая структурированная система вода — стенки микропор разрушается и делится высокополимерами могут перейти в состояние, свойственное свежеспекаемому хлебу. Это развиваемое Книгиничевым представление об изменении структуры воды при черствении хлеба также, естественно, требует экспериментального подтверждения.

В подавляющем большинстве работ по исследованию черствения хлеба изменения структурно-механических свойств мякиша хлеба связывают с изменениями в состоянии крахмала.

Белковым веществам мякиша отводится только роль вещества, воспринимающего влагу, выделяемую крахмалом при его ретроградации (синерезисе). Неоднократно отмечалась практическая невозможность уловить какие-либо изменения в белковой части мякиша хлеба при его черствении. Установлено лишь, что чем больше белковых веществ в хлебе, тем медленнее происходит его черствение.

Но если вспомнить, что именно белковые коагулированные вещества составляют пространственно непрерывную фазу структурного остова мякиша хлеба, а зерна крахмала лишь вкраплены в этот остов, то трудно допустить, что изменение структурно-механических свойств мякиша хлеба не связано с изменением состояния и хотя бы структурно-механических свойств его белковых веществ.

Исследованиями, проведенными нами и Р. Г. Рахманкуловым в МТИППе (1956—1957), было установлено, что в процессе черствения пшеничного хлеба в белковой части мякиша хлеба закономерно происходят изменения, приводящие к уплотнению структуры, снижению гидратационной способности и способности связывать метиленовую синюю краску. По своему характеру эти изменения обратны тем, которые происходили в процессе денатурации белка ВТЗ.

Эти изменения в белковой части мякиша хлеба происходят, однако, в 4—6 раз медленнее по сравнению со скоростью ретроградации крахмала. Если учесть еще и то, что крахмала в хлебе в 5—7 раз больше, чем белка, то естественно, что основную роль в черствении хлеба играют все же изменения крахмала.

В ряде работ процесс черствения хлеба рассматривается с точки зрения кристаллизации высокополимеров, к которым относятся и крахмал, и белковые вещества мякиша хлеба.

Рентгенокопические исследования Катца (1912—1934) и др. отражают изменения в степени кристалличности крахмала мякиша хлеба в процессе выпечки (утрата компактной упорядоченной структуры, а следовательно, и кристалличности), черствения (частичное возвращение к упорядоченной структуре и кристалличности, к которому и относится термин «ретроградация») и освежения черствого хлеба или ретроградированного крахмального геля путем его нагрева (опять утрата упорядоченной структуры и кристалличности).

Следует иметь в виду, что скорость, степень и в известной мере даже характер перечисленных выше изменений в структуре и степени кристалличности крахмала зависят от влажности геля, хлеба или хлебных изделий. При влажности продукта ниже определенной критической величины процессы, обуславливающие черствение, почти не происходят. Поэтому в сухарях черствение практически не наблюдается, а в баранках идет во много раз медленнее, чем в хлебе и булочных изделиях.

Померанц¹, делая обзор научных основ производства хлеба и рассматривая проблему сохранения его свежести и значимые в этом отношении отдельные компоненты муки и хлеба, отмечает не только характер и роль изменений при хранении хлеба после выпечки крахмала и белков и влияние на них липидов, но и отмечает особую роль в этих изменениях пентозанов. Он полагает, что водорастворимые пентозаны снижают скорость ретроградации крахмала, влияя на его амилонектиновую фракцию. Отмечает Померанц и то, что и водонерастворимые пентозаны оказывают аналогичное влияние на амилосу, так и на амилонектин крахмала мякиша хлеба. Пентозаны замедляют ретроградацию путем «обволакивания» амилосы и амилонектина, что тормозит их кристаллизацию на первом этапе хранения хлеба. При дальнейшем хранении хлеба ретроградация крахмала обуславливает в основном выплоектин.

Методы определения степени свежести или черствости хлеба

Изучают и исследуют явление и процесс черствения хлеба уже более столетия. За этот период были разработаны и применены очень многие методы исследования и определения степени свежести или черствости хлеба.

По природе самых методов, а также и определяемых ими свойств и показателей они с известной условностью могут быть подразделены на ниже приводимые группы.

1. Методы, основанные на определении структурно-механических свойств и текстуры хлеба и его мякиша. Мы не случайно начали перечень групп методов именно с этих методов. Ведь потребитель хлеба судит о степени его свежести или черствости как при покупке, так и при употреблении его в пищу в первую очередь по его структурно-механическим свойствам.

Структурно-механические свойства хлеба определяются и воспринимаются потребителем органолептически. При покупке целого изделия они определяются нажатием соответствующей пластиной (или ложечкой) на поверхность изделия, а при покупке разрезанного хлеба — на срез мякиша.

О степени свежести хлеба при этом судят по деформации целого изделия или мякиша и по сопротивлению этой деформации. В процессе еды к этому добавляются и ощущения, вызываемые текстурой хлеба: сопротивления при откусывании; его от жомта и при последующем разжевывании. Учитываются и ощущения, воспринимаемые при проглатывании разжеванной массы хлеба.

При определении структурно-механических свойств хлеба следует учитывать, что они зависят не только от степени собственно черствости хлеба, обуславливаемой ретроградацией крахмала и денатурацией белка мякиша, но и от усыхания хлеба. Усыхание хлеба при хранении его после выпечки также снижает эластичность хлеба и повышает его способность крошиться. Особенно сильно от усыхания изменяются структурно-механические свойства внешних слоев хлеба — корки и подкоркового слоя мякиша хлеба. Поэтому для характеристики процесса собственно черствения хлеба наиболее показательны изменения структурно-механических свойств центральной части мякиша хлеба.

Исходя из этого, только немногие исследователи разрабатывали и применяли инструментальные методы количественной характеристики структурно-механических свойств целого хлеба. Основное же внимание уделялось методам

¹ Pommeranz Y. Wissenschaftliche Grundlagen der Brotherstellung. — Getreide, Mehl und Brot, 1980, № 1, с. 11—29.

объективного количественного определения структурно-механических свойств центральной части мякиша хлеба.

В разных странах для этой цели разработаны и используются разные приборы. Большинство этих приборов определяет степень деформации сжатия мякиша, выраженную либо в условных единицах шкалы прибора, либо (в основном для исследовательских целей) в абсолютных единицах отдельных реологических свойств (в частности, например, модуля упругости E мякиша, величина которого закономерно возрастает при черствении хлеба).

Определение сжимаемости, упругости и пластичности мякиша хлеба на автоматизированных пенетрометрах. В 1969 г. нами с Г. М. Мельниковой в МТИППе была разработана методика определения на автоматизированных пенетрометрах (далее сокращая — АП), в частности на АП-4/1 и АП-4/2, производимых в ГДР, показателей: общей деформации сжатия ($\Delta H_{\text{общ}}^{\text{АП}}$) и доли в ней упругой $H_{\text{упр}}^{\text{АП}}$ и пластической ($\Delta H_{\text{пл}}^{\text{АП}}$) деформаций. Эти показатели выражаются в единицах шкалы прибора, по которым может быть рассчитано и соответствующее численное значение модуля упругости E мякиша. Величины $H_{\text{общ}}^{\text{АП}}$, $H_{\text{упр}}^{\text{АП}}$ и $H_{\text{пл}}^{\text{АП}}$ по мере черствения хлеба соответственно снижаются. Эта методика используется и исследователями других стран. Существенно и то, что на тех же АП могут определяться и показатели, характеризующие хлебопекарные свойства отдельных видов хлебопекарного сырья (см. главу III) и полуфабрикатов хлебопекарного производства.

Детали методики определения на АП структурно-механических свойств мякиша хлеба описаны в лабораторном практикуме (см. [27], работа 30) и в соответствующих руководствах [36, с. 423—428; 34, с. 147—150].

Определение способности мякиша хлеба крошиться. Это определение также может быть использовано для характеристики степени черствости хлеба. Чем черствее хлеб, тем более он способен крошиться. Наим совместно с Рахманкуловой и др. в 1956 г. разработана в МТИППе следующая методика определения крошимости мякиша.

Из мякиша хлеба вырезают острым ножом 9 кубиков размером $25 \times 25 \times 25$ мм и взвешивают их на технических весах. Взвешенные кубики помещают на круглом лабораторном сите № 18 на платформу лабораторного механизованного рассева Журавлева и закрывают крышкой. Затем включают электродвигатель рассева и «просеивают» кубики в течение 15 мин при 190 оборотах платформы рассева в минуту.

После этого тщательно собирают остатки кубиков мякиша и более мелкие частицы, оставшиеся на сите, и взвешивают их. Разность между исходной массой кубиков и массой остатка на сите характеризует крошимость мякиша и выражается в процентах к исходной массе кубиков мякиша.

II. Методы, основанные на определении гидрофильности мякиша. Методы этой группы включают определение ряда свойств мякиша хлеба, прямо или косвенно связанных с его гидрофильностью:

1) определение способности предварительно измельченного мякиша к набуханию в воде: а) по объему осадка набухших частиц в мерном цилиндре; б) по объему или массе и влажности осадка набухших частиц после центрифугирования;

- 2) определение способности коллоидов мякиша связывать воду;
- 3) определение скорости фильтрации суспензий частиц измельченного мякиша;
- 4) определение вязкости водной суспензии измельченного мякиша с применением для этого: в) вискозиметров или б) вискографов;
- 5) определение консистенции предварительно оводненного мякиша: а) на фаринографе или вазометре и б) на автоматизированных контометрирах;
- 6) определение термического эффекта гидратации измельченного мякиша хлеба.

В качестве примера методики этой группы кратко сообщим о методе П.А.6 по определению степени черствости хлеба по вязкости водной суспензии предварительно оводненного мякиша, проводимое на вискографе, разработанном в 1956 г. в МТИППе нами и И. Г. Елисейковой.

Суспензия измельченного мякиша с определенным для данного вида хлеба соотношением к ней массы сухого вещества мякиша и воды испытывается на вискографе при постоянной температуре 30°C в течение 10 мин. По кривой вискограммы определяют численное значение вязкости ($\eta_{\text{виз}}$) суспензии мякиша, выражаемый в ед. шкалы прибора. Чем выше значение $\eta_{\text{виз}}$ тем свежее хлеб. Так, например, значения $\eta_{\text{виз}}$ суспензии мякиша хлеба из диетической муки 1 сорта с 5% сахара и 2,6% жира были разными при хранении после выпечки в течение 5 ч — 600 ед. прибора, 24 ч — 252 ед. прибора и 68 ч — 175 ед. прибора.

III. Методы, основанные на определении содержания в мякише хлеба водорастворимых веществ. Методы этой группы включают определение водорастворимой амиллозы, водорастворимых коллоидов, общего количества водорастворимых веществ.

IV. Методы, основанные на микроскопическом и электронно-микроскопическом исследовании микроструктур мякиша хлеба.

V. Методы, основанные на рентгеноспектрографическом исследовании мякиша хлеба.

VI. Методы, основанные на определении атакующести крахмала мякиша хлеба амилазами.

При черствении хлеба свойства его мякиша, определяемые перечисленными объективными методами, закономерно изменяются.

Сжимаемость мякиша снижается, крошимость возрастает. Гидрофильность уменьшается, что сказывается в следующем: а) способности мякиша к набуханию и коллоидному связыванию воды, б) вязкости водных суспензий измельченного мякиша, в) консистенции предварительно оводненного мякиша, г) теплоты гидратации мякиша и в повышении скорости фильтрации водных суспензий измельченного мякиша. Содержание в мякише водорастворимой амиллозы и коллоидов, а также общее содержание водорастворимых веществ снижается.

Микроструктура межпоровых стенок мякиша, как уже отмечалось, изменяется. Зерна частично клейстеризованного крахмала уплотняются и уменьшаются в объеме, что ведет к образованию воздушных прослоек между зернами крахмала и массой коагулированного белка.

Характер рентгеноспектров мякиша также меняется и направляется от спектра клейстеризованного крахмала к спектру ретроградированного крахмала.

Атакующесть крахмала мякиша амилазами снижается.

Весьма характерно, что изменение перечисленных свойств мякиша хлеба происходит с затухающей скоростью. Особенно быстро эти свойства мякиша хлеба изменяются в первые часы хранения хлеба после выпечки, когда хлеб еще оценивается потребителем как свежий.

Нельзя забывать, что оценка свежести или черствости хлеба потребителем является в конечном счете решающей. Поэтому при изучении влияния различных факторов и добавок на скорость черствения хлеба наряду с теми или иными объективными методами определения степени черствости необходимо производить квалифицированную органолептическую и дегустационную оценку степени черствости хлеба.

Это тем более существенно, что отдельные добавки (например, жиры и некоторые другие) сравнительно мало замедляют изменение свойств мякиша, определяемых объективными методами, и в то же время, маскируя процесс черствения, позволяют хлебу дольше сохранять свежесть, определяемую органолептически и дегустационно.

Органолептическая и дегустационная оценка свежести хлеба. Этот вид оценки должен играть весьма существенную роль при исследовании влияния различных факторов и добавок на процесс черствения хлеба. Исходя из этого, в МТИИПе (Л. Я. Ауэрман, Р. Г. Рахманкулова, 1956) были разработаны два метода органолептической и дегустационной оценки степени свежести (черствости) хлеба.

1. Альтернативная органолептическая оценка свежести или черствости хлеба. Наибольшему числу дегустаторов вручаются зашифрованные условными номерами ломти хлеба разной длительности хранения или одинаковой длительности хранения, но приготовленного с различными добавками или в разных условиях.

Каждый дегустатор, используя любые представляющиеся ему необходимые органолептические и дегустационные методы оценки свежести или черствости хлеба, должен записать в дегустационном листке против условного номера образца только одну из двух оценок: «свежий» или «черствый».

После проведения дегустации по каждому образцу хлеба подсчитывается количество тех и других оценок. Количество оценок хлеба как свежего, выраженное в процентах к общему количеству оценок данного образца хлеба, условно принимается за степень свежести хлеба.

Таким же образом по количеству оценок хлеба как черствого подсчитывается процент черствости данного образца хлеба.

В табл. 26 в качестве примера приводим результаты закрытой дегустационной оценки этим альтернативным методом образцов хлеба из пшеничной му-

Таблица 26

Длительность хранения хлеба, ч	Свежесть хлеба, %	Черствость хлеба, %
4	100,0	—
8	100,0	—
12	91,4	8,6
24	80,0	20,0
48	2,6	97,4
	—	100,0

Длительность хранения, ч	Балльная оценка свежести хлеба по					Средний балл
	вкус	запах	мягкость мякиша	эластичность мякиша	прощупываемость	
4	4,7	4,7	4,3	4,6	4,7	4,6
8	4,4	4,1	4,1	4,5	4,4	4,3
12	3,4	3,6	3,3	4,1	3,8	3,6
24	3,4	3,2	2,7	3,4	3,1	3,2
48	2,6	2,8	2,1	2,9	2,1	2,5

ки 1 сорта, хранившихся после выпечки от 4 до 48 ч. В качестве дегустаторов участвовало 35 студентов, лаборантов и преподавателей.

2. Дифференцированная балльная органолептическая оценка свежести — черствости хлеба. При этом методе закрытая органолептическая и дегустационная оценка исследуемых образцов хлеба может вестись меньшим количеством дегустаторов, которые должны иметь известный опыт и навыки в органолептической и дегустационной оценке хлеба.

По каждому образцу хлеба дегустатор должен записать в дегустационном листке для каждой из следующих отдельных показателей качества хлеба: вкуса, аромата (запах), твердости (мягкости), эластичности и пружинистости мякиша.

По каждому из перечисленных показателей качества хлеба дегустатор ставит балл, исходя из того, что балл 5 соответствует очень свежему хлебу, 4 — свежему хлебу, 3 — умеренно черствому хлебу, 2 — черствому и 1 — очень черствому.

По дегустационным листкам для каждого образца хлеба по каждому признаку качества вычисляется среднее значение балла. Кроме этого, по среднему баллу по отдельным признакам качества хлеба для каждого образца его может быть вычислен балл, средний для всех признаков качества.

В табл. 27 в качестве примера приводим средние результаты оценки 20 дегустаторами степени черствости пшеничного хлеба из муки 1 сорта разной длительности хранения.

Факторы, влияющие на черствение хлеба

Ниже будет кратко рассмотрено влияние на черствение хлеба способов и условий хранения хлеба, наиболее существенно влияющих на его черствение способов и режима ведения технологического процесса приготовления хлеба, состава и свойств сырья, а также специальных добавок.

Способы и условия хранения хлеба. Напомним, что при температуре 60°C и выше хлеб практически почти не черствеет. Снижение температуры хранения с 60 до 0 и —2°C увеличивает скорость черствения хлеба до максимума, а дальнейшее снижение до —20—30°C и еще более низкой температуры также практически приостанавливает процесс черствения.

Хранение хлеба при температуре 60°C и выше. Каким бы, такой способ хранения может быть одним из способов сохранения его в свежем состоянии. Многие (Катц, а затем и другие) предлагали хлеб для сохранения его свежим хранить в камерах с температурой выше 60°C с увлажнением в них воздушной среды.

При этой температуре специфическая для мякиша снежного хлеба форма крошки устойчива и процесс ретроградации крахмала не происходит или происходит с весьма незначительной скоростью. Однако практическое осуществление длительного хранения хлеба при повышенной температуре хотя технически и возможно, но связано с большим усложнением (в случае хранения его без влаготепернической обертки) и с опасностью развития в хлебе микробных заболеваний, в частности его картофельной (тягучей) болезнью. В отдельных случаях отмечается неблагоприятное влияние хранения хлеба в этих условиях на его вкус и аромат.

Находясь в этих условиях заметное потемнение мякиша сопровождается снижением содержания редуцирующих сахаров, поэтому можно предполагать, что оно связано с медленно протекающим процессом меланоидинообразования. Не исключено, что потемнение мякиша связано и с действием полифенолоксидазы на тирозин, если этот фермент хотя бы частично сохранил свою активность в мякише выпеченного хлеба.

Глубокое замораживание хлеба. Этот способ является эффективным с точки зрения радикального торможения процесса черствения и в то же время лишен отмеченных выше недостатков, присущих хранению хлеба при температуре 60°C и выше.

Хранение хлеба в замороженном состоянии целесообразно потому, что при этом во много раз снижается потеря на усыхание хлеба и полностью исключается развитие в хлебе нежелательной микрофлоры.

Кати еще примерно полвека тому назад установил, что хлеб в замороженном состоянии сохраняет свою свежесть. Причиной этого является то, что глубокое замораживание хлеба, очевидно, практически исключает возможность протекания в его мякише таких процессов, обуславливающих черствение, как ретроградация крахмала и уплотнение структуры белка.

В последующие годы исследованиям и практическому применению глубокого замораживания хлеба и хлебобулочных и сдобных изделий было посвящено большое количество работ.

Было установлено, что хлеб, охлажденный сразу же после выпечки, должен быстро замораживаться в камерах при температуре от -18 до -30°C при побудительной циркуляции воздуха и затем храниться при температуре от -15 до -20°C. При хранении замороженного хлеба в течение нескольких суток потери на усыхание резко снижаются и хлеб и другие печеные изделия после дефростации сохраняются практически свежими.

Для замораживания хлеба и хлебных изделий в США разработан ряд непрерывно действующих морозильных установок, в том числе и с прикреплением в качестве холодильного агента жидкого азота.

Замораживание хлебопечением замораживания мелкостручных хлебобулочных изделий уделяется в Чехословакии. Ведутся в этой области работы в ГДР, Польше и ряде других стран. Замораживают мелкостручные изделия в Австрии, ФРГ и других странах.

В нашей стране созданы и эксплуатируются производственные установки для замораживания хлебных изделий на Кушелевском хлебозаводе Ленинграда.

Дополнительные расходы на замораживание хлебных изделий в значительной степени перекрываются расходами на хранение хлеба в обычных условиях.

Завертывание хлеба во влаготеперническую обертку. Этот способ практически не влияет на процесс ретроградации крахмала, однако замедляет потерю хлеба свежести, определяется тем, что снижаются потери влаги мякиша на усыхание, вследствие чего мякиш при той же степени истинной черствости имеет более высокую сжимаемость.

Хранение хлеба в завернутом состоянии снижает и утрату амлетучих ароматических веществ.

Следует отметить, что хранение хлеба завернутым ускоряет повышение влажности корки хлеба и потерю ею твердости и эластичности. Хранение хлеба в завернутом виде делает излишним регулирование относительной влажности воздуха в хлебохранилище.

Виды, состав и свойства сырья, специальные добавки, а также способы и режимы технологического процесса. Общеизвестно, что свежесть хлеба из ржаной муки сохраняется дольше, чем хлеба из пшеничной муки (ржано-пшеничной из обойной муки, украинский, манский, рижский и др.) черствеет медленнее, чем хлеб из одной пшеничной муки. В связи с этим в ряде стран, в том числе и в нашей стране, широко производится смешанный ржано-пшеничный или пшенично-ржаной хлеб разных видов и сортов. В ряде же стран для мелкостручных изделий из сортовой пшеничной муки рекомендуется с целью удлинения сроков их свежести добавление 2-3% ржаной сортовой (типа нашей селяной) муки.

Общепризнано также, что чем выше содержание белка в пшеничной муке и чем лучше качество клейковины, тем сравнительно медленнее черствеет хлеб. Поэтому и добавление к пшеничной муке дезодорированной высокобелковой соевой муки, если процесс ведется так, что от этого не снижается объем и разрыхленность мякиша, также удлиняет период свежести хлеба.

Приготовление хлеба на молоке или сыворотке также способствует сохранению свежести хлеба.

Сахар и продукты гидролиза крахмала также способны в той или иной мере замедлять процесс черствения хлеба.

Внесение в тесто жиров также способствует более длительному сохранению свежести хлеба и хлебных изделий, в которой потребители судят органолептически и главным образом по структурно-механическим свойствам мякиша.

Наиболее эффективно в этом отношении добавление жиров в сочетании с добавками поверхностно-активных веществ и улучшителей окислительного действия, вносимых в тесто в виде тонкодисперсной эмульсии в воде.

Аналогично влияют на черствение и добавки ферментативного действия: белого солода и амилотипических плесневых и бактериальных ферментных препаратов (ФИ). Наиболее эффективны замедляют черствение хлеба а-амилолитические препараты, особенно

ФП бактериального происхождения, например амилосубтилин Г10х.

Количество поверхностно-активных веществ (ПАВ), применяемых в хлебопечении для замедления черствения хлеба в качестве «смягчителей» мякиша хлеба, увеличивается с каждым годом. К числу таких ПАВ можно отнести: моно- и диглицериды и их смеси, полиоксипентилепоноэтараты, пальмитаты и стеараты сорбита, монолаурат полиоксипентилепоноэтарата, диацетилвиннокислый эфир моноглицеридов стеариновой кислоты, стеарилмолочная кислота, жирнокислотные эфиры сахарозы и многие другие.

Классификация и свойства ФП и ПАВ рассматриваются в главе XI. Здесь мы лишь еще раз подчеркнем, что и α -амилазные ФП и пищевые ПАВ присуща и способность замедлять черствение хлеба и соответственно увеличивать длительность периода его потребительской свежести.

Установлено также, что внесение в тесто модифицированного (окисленного) крахмала, повышающего гидрофильность муки, не только улучшает качество хлеба, но и удлиняет период его свежести.

Влияют на сохранение свежести и факторы, связанные с процессом технологического процесса производства хлеба. Применение усиленной механической обработки теста при замесе не только благоприятно сказывается на объеме хлеба, но также удлиняет период сохранения им свойств свежего хлеба. Несколько замедляет черствение хлеба и применение заваривания части муки. Практикой установлено, что приготовление пшеничного хлеба на жидких дрожжах, приготовленных на заварке, заквашенных термофильными молочнокислыми бактериями, также способствует более длительному сохранению свежести хлеба.

Удлинение времени выпечки также замедляет черствение хлеба как ржаного, так и пшеничного.

Влияют на черствение хлеба в хлебных изделий способы и параметры режима приготовления, выбраживания теста, механическая его обработка при разделке, правильное проведение расстойки, применение улучшителей окислительного действия и другие технологические факторы.

Вообще можно отметить, что любые факторы или добавки, увеличивающие объем и улучшающие структуру и структурно-механические свойства мякиша хлеба, а также меры, способствующие снижению усыхания хлеба при хранении, приводят к более длительному сохранению его свежести.

Поэтому целесообразно комбинированное применение добавок, тормозящих собственно черствение хлеба, и мероприятий, снижающих усыхание хлеба при его хранении. Эффективность этого пути была подтверждена в работе по сохранению свежести хлеба из пшеничной муки I сорта (МТИП, Н. С. Мартыненко и И. А. Поладич, 1976). Было установлено, что наибольшая степень продления периода свежести достигалась комбинированным применением оптимальных дозировок такого ФП, как амилосубтилин Г10х, и такого

аппоактивного ПАВ, как диацетилвиннокислый эфир моноглицеридов стеариновой кислоты (МГС—ДВ) в сочетании с упаковкой хлеба в полиэтиленовую пленку.

ОСВЕЖЕНИЕ ЧЕРСТВОГО ХЛЕБА

Освежение черствого хлеба повторным его прогревом используется домашними хозяйками, вероятно, не одну сотню лет.

Явление освежения черствого хлеба прогревом было описано Крюнтингом еще в 1784 г. и изучалось многими исследователями.

Бибра в 1860 г. установил, что освежение хлеба может происходить только при влажности его выше 30%. Для освежения черствого хлеба нужно прогреть его до достижения в центре мякиша температуры не ниже 60°C.

Явление освежения черствого хлеба прогревом хорошо объясняется, исходя из рассмотренных выше представлений о сущности процесса черствения и обратимой (при повторном нагреве) ретроградации крахмала.

Освеженный хлеб обычно повторно черствеет скорее, чем свежесвепеченный.

Работы, проведенные Р. Г. Рахманкуловой (1957) и затем Е. Е. Демаховским (1969), показали, что, если при освежении черствый хлеб прогревать в условиях, исключающих потерю им влаги до достижения в центре мякиша температуры выше 90°C, то повторное его черствение идет не быстрее, чем черствение свежесвепеченного хлеба.

ХРАНЕНИЕ ХЛЕБА НА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И ДОСТАВКА ЕГО В ТОРГОВУЮ СЕТЬ

В хлебозаводах хлеб после выхода из печей обычно подается ленточными транспортерами на циркуляционные столы (конические грибовидные или плоские пластинчатые). Со столов хлеб перекладывается на вагонетки-стеллажи. На этих вагонетках, перемещаемых вручную, хлеб хранится до отправки в торговую сеть. Перед отправкой вагонетки с хлебом взвешиваются на платформенных весах и выкатываются на экспедиционную рампу, где лотки с хлебом снимаются и перекладываются в кузов автомашины для перевозки хлеба.

Все эти операции обычно осуществляются вручную. При сдаче в торговую сеть лотки с хлебом также вручную выгружаются из кузова автомашины и передаются в соответствующее складское помещение.

Такой способ перемещения и хранения хлеба, требующий затраты значительного количества физического труда, является технически отсталым и не соответствующим общему высокому уровню механизации процессов на наших хлебозаводах.

При этом 20—30% из числа работающих на хлебозаводе заняты погрузочно-разгрузочными, транспортными и складскими (ПРТС) работами в хлебохранилище и экспедиции предприятия.

В связи с этим в последние годы передовыми работниками производства и специальными проектно-конструкторскими организациями разрабатан, испытывается и внедрен ряд вариантов частичной или комплексной механизации операций, связанных с перемещением, хранением и отгрузкой готового хлеба и хлебных изделий на хлебозаводах.

Однако механизация ПРТС-работ в хлебохранилищах и экспедициях хлебозаводов должна решаться комплексно и включать такие звенья, как транспортирование хлебопекарной продукции в торговую сеть, прием ее и перемещение в складские помещения, а оттуда и в торговые залы.

Решение этой проблемы усложняется тем, что хлебопекарные предприятия различны по их производственной мощности и ассортименту вырабатываемой продукции. Не менее разнообразны и торговые предприятия по их расположению, по условиям разгрузки автотранспорта, по размерам складских и торговых помещений, а также по размерам заказов на отдельные виды и сорта хлебопекарной продукции.

Автотранспорт также должен быть специализирован и оснащен устройствами как для загрузки его хлебопекарной продукцией, так и для выгрузки ее в торговой сети.

Нельзя забывать о том, что целью комплексной механизации ПРТС-работ во всех звеньях этой цепочки является не только полное устранение или резкое сокращение операций, выполняемых вручную, но и улучшение качества хлеба и в первую очередь продление периода его свежести.

Для этого и на хлебозаводе, и в автомашине, и в торговой сети хлеб должен храниться в условиях, сводящих к минимуму его усыхание.

Для снижения влияния усыхания хлеба на структурно-механические свойства мякиша, по которым потребитель судит о его свежести, ВНИИХП рекомендовал (1965) герметизирующую обшивку вагонеток плотной прорезиненной шторкой с двух загрузочно-разгрузочных сторон. Шторки закрываются лишь после того, как хлеб, загруженный на вагонетку, остыл примерно до температуры воздуха в хлебохранилище. Такой способ хранения хлеба снижает потери на усыхание и вследствие этого замедляет и снижает сжимаемость мякиша хлеба.

При хранении хлеба без завертки относительную влажность воздуха в хлебохранилище целесообразно регулировать. Она не должна быть слишком вязкой (это способствовало бы ускорению усыхания хлеба и затвердевания его мякиша), ни слишком высокой (это ускорило бы потерю хрупкости корки). Поэтому хранение незавернутого хлеба рекомендуют при температуре воздуха 25—30°C и относительной влажности воздуха не выше 80%.

ВНИИХП рекомендовал также и хранение незавернутого хлеба на обычных вагонетках в специальных камерах с кондиционированием в них воздуха (температура воздуха от 23 до 27°C, относительная влажность от 80 до 85%). Хлеб, предназначенный для хранения

в таких камерах, должен быть предварительно по возможности быстро охлажден до температуры, близкой к 23—27°C.

В последние годы на хлебозаводах все шире внедряется хранение хлеба не на вагонетках или в ящиках, а в специальных контейнерах, в которых он загружается в автомашины и в них же затем поступает в складское помещение торговой организации, или где это возможно, непосредственно в торговый зал.

Над созданием наиболее эффективных конструкций контейнеров для хранения и перевозки хлеба и методов их использования продолжают работать в НПО хлебопекарной промышленности, а также и специалисты хлебопекарной промышленности Эстонии, Литвы и других регионов нашей страны.

Несомненно, перспективными являются герметизируемые контейнеры для безлоткового хранения хлеба, разработанные ОПКБ ГрузНИИППа, в комплексе с машинами для механизированной загрузки в них хлеба. Эти контейнеры в хлебохранилище хлебозавода герметизируются после того, как хлеб в них остынет до температуры воздуха в помещении. В таком виде контейнеры с хлебом доставляются в торговую организацию и поступают в ее хранилище, а из него в торговый зал, где потребители берут хлеб прямо с полок контейнера.

Перспективность таких контейнеров не только в том, что ручные операции сведены к минимуму. При их применении существенно снижается усушка хлеба, а в результате этого уже после 10 ч хранения мягкость хлеба в 2,7 раза выше, чем у хлеба, хранившегося в открытых лотках¹. Хранение и перевозка хлеба в герметизированных контейнерах таким образом обеспечивает условия, оптимальные как в технологическом и экономическом, так и в санитарно-гигиеническом отношении.

В настоящее время уже на многих хлебозаводах нашей страны комплексно механизированы ПРТС-работы и применяется хранение и перевозка хлеба в контейнерах.

Описание вариантов решения этой задачи и использованного оборудования приведено в соответствующей литературе [3, 5, 20 и др.].

Актуальной задачей нашей хлебопекарной промышленности продолжает оставаться широкое внедрение механизированной упаковки хлеба и хлебных изделий с применением современных пленочных материалов. Это мероприятие имеет большое гигиеническое значение, так как исключает прикосновение рук человека к выпеченному хлебу. Снижая усыхание хлеба, оно способствует и большему сохранению его свежести. При длительном хранении хлеба потери на его усыхание могут быть сведены практически к небольшим величинам (порядка 1—2%); эти потери происходят в основном в период охлаждения хлеба перед его упаковкой.

¹ Кузьминский Р. В., Шифман З. Б. Перевозки хлебопекарной продукции в контейнерах. — Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1980, № 6, с. 15—18.

Выход хлеба

На каждый вид и сорт хлеба, булочных, сдобных и других хлебопекарных изделий утверждена соответствующая рецептура. Рецептурой установлено, какие виды хлебопекарного сырья и в каких количествах (по их массе) должны быть внесены на каждые 100 кг муки, из которой данное изделие готовится.

По принятой у нас терминологии¹ хлебопекарное сырье делится на основное (мука, вода, дрожжи, соль) и дополнительное (сахар, жиры, яйца и др.).

Рецептуры [35] на каждый вид хлебопекарного изделия включают: 100 кг муки и соответствующие количества (в кг) дрожжей, соли, сахара, жиров, яиц и других видов дополнительного сырья. В рецептуру конкретного вида и сорта хлеба помимо муки входят только те виды сырья, которые для данного сорта предусмотрены.

Количество воды, вносимой в тесто на 100 кг муки, в рецептуре не указывается и должно устанавливаться расчетно с учетом допустимой (по ГОСТу, ОСТу или ТУ) влажности готового изделия, а также содержания влаги в муке и других видах сырья, указанных в рецептуре.

Повышение эффективности использования муки и других видов сырья — одна из основных задач работников (и в первую очередь — технологов) хлебопекарной промышленности, вытекающая из решений партии и правительства.

Из этого следует, что из каждых 100 кг муки и соответствующих рецептуре количеств основного и дополнительного сырья — следует вырабатывать наибольшее по массе количество хлеба², который должен иметь установленные для данного сорта хлеба показатели его качества и пищевой ценности, в том числе вкуса и аромата.

В связи с этим одним из народнохозяйственно важных показателей хлебопекарного производства является выход хлеба.

ПОНЯТИЕ ВЫХОДА ХЛЕБА

Инструкция по кормированию и хлебопекарной промышленности расхода муки и выхода хлеба [17] определяет, что выход хлеба — это количество готовой продукции, полученной из 100 кг муки и другого сырья, вносимого в соответствии с утвержденной рецептурой.

Выход хлеба ($q_{хл}$) обуславливается выходом теста ($q_{т}$) и технологическими затратами ($З$) и потерями ($П$).

¹ ГОСТ 16814—71. Хлебопекарное производство. Термины и определения.

² Здесь и далее в данной главе для краткости под словом хлеб будем понимать как собственно хлеб, так и булочки, сдобные и другие виды хлебопекарных изделий.

Выход хлеба рассчитывают по формуле

$$q_{хл} = q_{т} - (П_{м} + П_{т.мех} + З_{др} + З_{др.в} + З_{др.в} + З_{др.общ} + П_{др} + П_{шт} + П_{пер.бр})$$

В этой формуле:

$q_{хл}$ — выход хлеба из 100 кг муки и соответствующих рецептуре количеств других видов сырья, кг;

$q_{т}$ — выход теста из 100 кг муки, кг.

$З$ — технологическим затратам ($З$) относятся:

$З_{др}$ — затраты сухого вещества при брожении полуфабрикатов (жидких дрожжей, заквасок, опары, теста и пр.), кг;

$З_{др.в}$ — затраты муки на разделку теста, кг;

$З_{др.общ}$ — уменьшение массы выпекаемых тестовых заготовок (ВТЗ) при их выпечке — упек, кг;

$З_{др.общ}$ — общее уменьшение массы выпеченного хлеба в результате усыхания в период с момента выхода хлеба из печи до завершения его хранения на хлебопекарном предприятии, кг.

Инструкция [17] предусматривает в формуле для расчета выхода хлеба два вида затрат, отражающих уменьшение массы хлеба после его выпечки:

$З_{др.общ}$ — уменьшение массы выпеченного хлеба при транспортировании от печи, укладке на лотки, вагонетки или другие устройства, кг;

$З_{др}$ — уменьшение массы хлеба, уложенного на вагонетки или другие устройства при последующем хранении, — усушка, кг.

Величина $З_{др.общ}$ является суммой величин $З_{др.в}$ и $З_{др}$. Мы эти два вида затрат суммируем, так как они отражают величину снижения массы хлеба в результате одного и того же процесса — его усыхания.

Из приведенного перечня видно, что указанные затраты технологически неизбежны и необходимы для получения хлеба, полноценного по качеству, пищевой ценности, вкусу и аромату. Задачей технологов и коллективов хлебопекарных предприятий является производство полноценного по качеству хлеба с наименьшими, необходимыми для этого технологическими затратами.

К технологическим потерям ($П$) относятся:

$П_{м}$ — потери муки до начала замешивания полуфабрикатов, кг;

$П_{т.мех}$ — механические потери теста, а также и некоторого количества муки при замешивании и перемещении полуфабрикатов и на стадии разделки теста до посадки тестовых заготовок в печь, кг;

$П_{др}$ — потери в виде крошки и лома хлеба, получающихся при выемке и транспортировании хлеба в хлебохранилище и укладке его на вагонетки или другие устройства, кг;

$П_{шт}$ — потери от неточности массы штучного хлеба, кг;

$П_{пер.бр}$ — потери при переработке брака хлеба, кг.

Приведенный выше перечень потерь показывает, что они техно-

логически не нужны и не оправданы и вызываются несовершенством или неудовлетворительным состоянием соответствующего оборудования или его эксплуатацией. Поэтому задачей коллективов и технологов хлебопекарных предприятий является сведение этих потерь до минимума, а если это технически возможно, то и до нуля.

Выход теста q_t рассчитывается по формуле

$$q_t = q_a (100 - W_c) / (100 - W_t),$$

где q_a — выход теста (из 100 кг муки), кг; q_a — суммарная масса сырья, взвешанного на приготовление теста (из 100 кг муки) по рецептуре хлеба, кг; W_c — средневзвешенная влажность сырья, %; W_t — влажность теста после его замешивания, %.

Численные значения выхода теста и хлеба и их нормативные размеры для отдельных сортов хлеба рассчитываются на 100 кг муки при влажности ее $W_m = 14,5\%$.

Ниже мы приведем изложенный в инструкции [17, с. 27—28] пример расчета выхода подового хлеба из пшеничной муки I сорта массой 1 кг. Рецепт этого хлеба предусматривает на 100 кг муки: соли 1,3 кг и дрожжей прессованных 1 кг.

Для расчета в этом примере приняты следующие значения отдельных показателей: влажность теста 45%, соли 3,5% и дрожжей 75%; $P_m = 0,04$ кг; $P_{др} = 0,01$ кг; $Z_{ср} = 2,3$ кг; $Z_{соль} = 0,4$ кг; $Z_{др} = 11,3$ кг; $Z_{др} = 0,8$ кг и $Z_{тс} = 5,3$ кг, а следовательно, $Z_{тс} = 0,8 + 5,3 = 6,1$ кг; $P_{шт} = 0,7$ кг.

Выход теста q_t определяют по формуле

$$q_t = q_a (100 - W_c) / (100 - W_t);$$

при этом масса сырья

$$q_a = q_m + q_{соль} + q_{др} = 100 + 1,3 + 1 = 102,3 \text{ кг.}$$

Средневзвешенная влажность сырья

$$W_c = (100 \cdot 14,5 + 1,3 \cdot 3,5 + 1 \cdot 75) / 102,3 = 14,91\%.$$

Выход теста

$$q_t = 102,3 (100 - 14,91) / (100 - 45) = 158,3 \text{ кг.}$$

Выход хлеба $q_{хл}$ определяется по формуле

$$q_{хл} = q_t - (P_m + P_{др} + Z_{ср} + Z_{соль} + Z_{др} + Z_{тс} + P_{шт}) = 158,3 - (0,04 + 0,06 + 2,3 + 0,4 + 11,3 + 6,1 + 0,7) = 137,4 \text{ кг.}$$

Примечание. В этом примере не учтены $P_{кр}$ и $P_{кар.вр}$. При учете и этих потерь расчетный выход данного хлеба был бы на 0,05 кг ниже и составил бы не 137,4, а 137,35 кг на 100 кг муки, принятой на склад (при $W_m = 14,5\%$).

ФАКТОРЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ ВЫХОД ХЛЕБА

На выход хлеба могут влиять влажность муки, ее хлебопекарные свойства, влажность теста, количество дополнительного сырья, размеры технологических потерь и затрат, а также отдельные технологические факторы.

ВЛАЖНОСТЬ МУКИ

Чем меньше влажность муки, тем выше может быть выход хлеба, и наоборот. Исходя из этого, все расчеты и установление норм выхода хлеба производят на муку с влажностью 14,5%. При этом муку влажностью ниже 12% приравнивают к муке влажностью 12%. Изменение влажности ржаной обойной муки на 1% соответственно изменяет выход хлеба на 1,6—1,7%.

ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ СВОЙСТВА МУКИ

Из муки, резко дефектной по хлебопекарным свойствам, обычно практически невозможно получить нормальный выход хлеба без значительного ухудшения его качества. Это относится, например, к пшеничной муке из зерна, пораженного клопом-черепашкой, и вообще к пшеничной муке с сильно сниженным содержанием и качеством клейковины, а также к муке из проросшего зерна, не подвергнувшегося специальной обработке, улучшающей его хлебопекарные свойства.

Снижение выхода хлеба при переработке такой муки обусловливается вынужденной необходимостью снижать содержание воды в тесте, так как тесто с предельно допустимой влажностью по его структурно-механическим свойствам непригодно для механизированной его разделки.

КОЛИЧЕСТВО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Как видно из приведенной выше формулы выхода хлеба, чем больше количество дополнительного сырья, тем больше будет выход хлеба. Количество дополнительного сырья точно регламентировано рецептурами, утвержденными в соответствующем порядке для основных сортов хлеба и хлебных изделий.

Виды и количества дополнительного сырья отражены в рецептурах и технологических инструкциях по производству не только основных видов хлебобулочных изделий, но и диетических [18], а также национальных хлебобулочных изделий [19].

Рецептуры эти обязательны для хлебопекарного предприятия, и даже временные отступления от них в отношении замены одного вида сырья другим допускаются лишь на основании специальных разрешений соответствующих органов.

В рецептурах хлеба и хлебных изделий из пшеничной муки предусмотрено применение только прессованных дрожжей, количество которых на 100 кг муки в рецептуре соответствующего сорта и указано.

На ряде предприятий при выработке этих изделий применяют жидкие дрожжи или жидкие и прессованные. В некоторых случаях приходится прибегать к использованию и сухих дрожжей. В этих случаях количество применяемых дрожжей должно определяться с учетом их качества (подъемной силы).

ВЛАЖНОСТЬ ТЕСТА И ХЛЕБА

Чем выше влажность теста, тем больше выход хлеба. Именно поэтому правильная дозировка воды в тесте является одним из основных мероприятий, обеспечивающих получение заданного предпринятого количества хлеба.

Увеличение выхода за счет чрезмерного количества воды в тесте приводит к выпуску хлеба с повышенной влажностью, а следовательно, к ущербу его эстетической ценности, а следовательно, к ущербу интереса потребителя.

Влажность хлеба регламентируется. В наших стандартах на хлеб и хлебные изделия одним из основных физико-химических показателей качества хлеба является показатель максимально допустимой влажности мякиша хлеба.

Тот факт, что стандартом регламентируется влажность не только хлеба (содержащего 10—20% корки, имеющей более низкую влажность, чем мякиш), и то, что принятая в стандарте методика определения влажности мякиша хлеба не позволяет определить все количество влаги в мякише, делает невозможным чисто расчетным путем точно определить зависимость между влажностью теста, влажностью хлеба и его выходом даже при известных размерах основных технологических потерь.

Однако практический опыт лабораторий хлебопечников и результаты ряда научных работ позволяют определить зависимость между допустимой влажностью теста и влажностью мякиша, определяемой по методике, предусмотренной стандартом.

В процессе выпечки, как уже отмечалось в главе VIII, влажность мякиша не только не уменьшается, но даже несколько увеличивается.

При хранении и остывании после выпечки влажность мякиша хлеба вследствие усушки несколько снижается, и действительная влажность его у остывшего хлеба (определяемая сушкой при 105°C до постоянной массы) примерно равна влажности теста.

Однако методика определения влажности, установленная в ГОСТ 2194—75 для определения влажности мякиша хлеба (сушка в боксах заданного размера при 130°C в течение 40 мин), дает показатели влажности ниже действительных и тем более заниженные, чем выше влажность хлеба.

Практикой установлено, что влажность теста из обойной муки может быть на 1—2% больше влажности мякиша, установленной стандартом для данного сорта хлеба.

Для хлеба из пшеничной сортовой муки массой более 0,5 кг допустимо превышение влажности теста над влажностью мякиша хлеба на 0,5—1%, а для мелкоштучных изделий из пшеничной муки высшего и 1 сорта следует ориентироваться на влажность теста, равную допустимой влажности мякиша хлеба.

Если бы изменение влажности теста, а следовательно, и влажности хлеба не адекватно за собой соответствующего изменения технологических затрат (в первую очередь упека и усушки), о чем бу-

дет сказано ниже, то изменение влажности теста на 1% вызывало бы изменение выхода хлеба на 2,5—3,7 кг на 100 кг муки.

Однако даже с учетом влияния этого фактора на упека и усушку повышение влажности теста на 1% может увеличить выход разных сортов хлеба на 2—3,5%.

Отсюда ясно, что влажность теста должна быть обязательным показателем, контролируемым лабораторией хлебопечника.

Значение этого показателя не только в том, что им в значительной мере определяется выход хлеба, но и в том, что это весьма вариабельный, практически достаточно точный показатель будущей влажности мякиша хлеба.

Существенная разница между определенным влажностью теста и хлеба состоит еще и в том, что влажность хлеба (определяемая в остывшем хлебе) становится известной после того, как хлеб часто уже вывезен с хлебопечника, а влажность теста может быть известна на основании анализа вскоре после замеса.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ И ЗАТРАТЫ

Здесь мы рассмотрим влияние на выход хлеба основных технологических потерь и затрат.

Потери муки до начала приготовления теста — $P_{\text{д}}$. Потери муки до начала приготовления теста при тарном ее хранении для 11 сортов хлеба и булочных изделий в среднем составляют 0,11% [34].

На размеры этих потерь могут влиять распыл муки при ее хранении и перевозке к месту засыпки и потери в отходах от выколачивании муки из недостаточно опорожненных мешков, потери на распыл при засыпке муки, отходы при просеивании муки и все последующие потери муки до момента замеса теста.

При применении бестарного приема и хранения муки в сочетании с пневматическим внутрипроизводственным ее перемещением, при должном состоянии оборудования хлебопечников и хорошей организации работы эти потери муки можно довести почти до нуля. Установлено [34], что при бестарном хранении муки средняя величина $P_{\text{д}}$ равна 0,03%.

Механические потери теста и муки при приготовлении и разделке теста — $P_{\text{мех}}$. При приготовлении полуфабрикатов (отары, заквасок, теста и пр.) и при разделке теста (замес, скатывание, закатка, промежуточная и окончательная расстойка) происходят механические потери тестовой «крошки» и распыливающейся муки, которые по их санитарному состоянию не могут быть использованы в хлебопечном производстве.

По данным ВНИИХП (1974), при изготовлении полуфабрикатов с использованием тестоприготовительных агрегатов величина $P_{\text{мех}}$, т. е. массы механических потерь теста и муки, лежит в пределах от 0,03 до 0,05%, а при приготовлении полуфабрикатов и изделий — от 0,04 до 0,06% к 100 кг массы муки, принятой на склад.

Снижение $P_{\text{мех}}$ возможно путем улучшения структурно-меха-

ических свойств теста и состояния соответствующего оборудования и применения сборников для тестовых «кроссов» в расчете использования.

Затраты сухих веществ при брожении полуфабрикатов — $Z_{бр}$. Для определения $Z_{бр}$ полуфабрикатов (жидких дрожжей, заквасок, опар, теста, а также готовых заготовок при их расстойке) инструкция по нормированию выхода хлеба [17] предусматривает деление в тестовых заготовках перед их выпечкой основных продуктов брожения.

При производстве хлеба из пшеничной муки в тестовых заготовках определяется содержание спирта, по которому можно судить и о количестве образовавшегося углекислого газа, и о затратах сухих веществ на их образование.

При производстве ржаного хлеба для этой цели в тестовых заготовках определяют содержание спирта и летучих кислот, пересчитываемых на содержание, в %, уксусной кислоты.

Методы определения этих веществ, а также формулы определения по их содержанию численных значений $Z_{бр}$ детально изложены в инструкции [17].

По данным, установленным ВНИИХПом по 11 сортам хлебобулочных изделий, средние для отдельных сортов изделий численные значения $Z_{бр}$, выраженные по затрате сахара в процентах к сухим веществам теста, находились в пределах от 2,5 до 3,7%.

Однако у одного и того же вида и сорта изделия, даже при одном и том же способе тестопротопления, но на разных предприятиях значения $Z_{бр}$ существенно различались. Например, по формовому хлебу из ржаной обдирной муки, готовившемуся на сухих заквасках, значения $Z_{бр}$ были в пределах 2,13—3,17% при средней величине, равной 2,7%.

В рассматриваемом нами примере расчета выхода подового пшеничного хлеба из пшеничной муки I сорта значение $Z_{бр}$ принято равным 2,3 кг.

Затраты муки при разделке теста — $Z_{разд}$. В главе VII описаны процессы разделки и оборудование, применяемое на этом этапе хлебопекарного производства. Отмечено, что при производстве подового хлеба и булочных изделий из пшеничной сортовой муки падающая поверхность разделываемых кусков теста к рабочим поверхностям деталей разделочного и транспортного оборудования. Во избежание этого прилипания приходится посыпать поверхность формируемых и расставляемых кусков теста мукой. Затрачиваемая на это мука не поглощает и не связывает того количества воды, которое она связала бы в процессе приготовления и брожения теста, а следовательно, не дает того же выхода теста и хлеба.

¹ Данные о значениях $Z_{бр}$ при приготовлении отдельных из 11 сортов хлеба приведены в Справочнике для работников лабораторий хлебопекарных предприятий [34, с. 29].

$Z_{разд}$ отражает уменьшение при этом массы теста, а в конечном счете и хлеба, которое выражается разностью массы теста, которое могло бы получиться из муки, затраченной на подсыпку, если бы она шла на приготовление теста, и массой подсыпочной муки, оставшейся в сформованных изделиях и на их поверхности.

По данным ВНИИХП, минимальные, максимальные и средние значения $Z_{разд}$ — массы муки, расходуемой на подсыпку при разделке теста, выраженные в процентах к общей массе муки, были при дрожжевом подовом пшеничных изделий следующими: хлеб пшеничный подовый из муки I сорта — от 0,12 до 1,16, в среднем 0,7%; битоны нарезные из муки I сорта — от 0,023 до 1,49, в среднем 0,6%; булки городские из муки I сорта — от 0,17 до 1,75, в среднем 0,8% к общему количеству муки.

В примере расчета выхода хлеба пшеничного подового величина $Z_{разд}$ принята равной 0,4 кг.

В последнем разделе главы VII было уже указано, что затрата пшеничной сортовой муки на подсыпку при разделке теста может быть или совсем устранена или резко снижена путем облужки разделываемого теста и путем покрытия рабочих поверхностей разделочного и транспортного оборудования соответствующими антиадгезионными гидрофобными покрытиями.

Затраты на упек — $Z_{уп}$. В процессе выпечки (см. главу VIII) масса выпекаемых тестовых заготовок уменьшается вследствие испарения из них части воды и некоторых, относительно очень небольших количеств легко летучих сухих веществ (спирт, летучие кислоты и др.).

Разность между массой тестовой заготовки в момент ее посадки в печь ($q_{т.п}$) и массой горячего хлеба в момент его выхода из печи ($q_{г.х}$) и отражает упек, а точнее массу упека ($q_{уп}$). Масса упека выражается в процентах к массе тестовой заготовки по формуле

$$q_{уп} = (q_{т.п} - q_{г.х}) / q_{т.п} \cdot 100.$$

На хлебопекарных предприятиях $q_{уп}$ определяется взвешиванием выпекаемой тестовой заготовки непосредственно перед ее загрузкой в печь (это величина $q_{т.п}$) и ее же (точнее хлеба из нее) в момент выхода из печи (величина $q_{г.х}$).

Численное значение $Z_{уп}$ (в кг) определяется по формуле

$$Z_{уп} = q_{уп} [q_t + (P_n + P_{г.м.х} + Z_{бр} + Z_{разд})] / 100.$$

Упек — крупнейшая по размерам затрата хлебопекарного производства. Поэтому мы приводим ниже пример расчета $Z_{уп}$ пшеничного хлеба из муки I сорта.

Напомним, что при производстве этого хлеба приняты следующие значения: $q_t = 158,3$, $q_{г.х} = 7,3$; $P_n = 0,04$; $P_{г.м.х} = 0,06$; $Z_{бр} = 2,3$ и $Z_{разд} = 0,4$ кг.

При этом согласно приведенной выше формуле

$$Z_{уп} = 7,3 [158,3 + (0,04 + 0,06 + 2,3 + 0,4)] / 100 = 11,3 \text{ кг.}$$

Естественно, что чем больше $Z_{\text{вп}}$, тем соответственно ниже выход хлеба $q_{\text{вп}}$.

Установлено, что увеличение $q_{\text{вп}}$ влечет за собой известное снижение усыхания хлеба и $Z_{\text{ус.общ.}}$.

У ржаного хлеба снижение усека на 1% повышает усушку этого хлеба примерно на 0,3%.

Затраты на усыхание хлеба после его выпечки — $Z_{\text{ус.общ.}}$. Вопросы усыхания хлеба после его выпечки рассмотрены в главе IX. Здесь мы ограничимся тем, что укажем, что в формуле выхода хлеба в инструкции [17, с. 11] с усыханием хлеба связаны два раздельно приводимых вида затрат — $Z_{\text{упд}}$ и $Z_{\text{ус}}$. Обе эти затраты отражают снижение массы выпеченного хлеба: $Z_{\text{упд}}$ — в период с момента выхода его из печи до укладки на вагонетки, а $Z_{\text{ус}}$ — в период последующего его хранения на вагонетках или других устройствах.

Однако причиной снижения массы хлеба в обоих периодах является его усыхание. Крошки и лом хлеба в периоде до его укладки отражаются в величине $P_{\text{пр}}$. Раздельность этих двух показателей обусловлена, очевидно, тем, что на хлебозаводах «горячий хлеб» взвешивается лишь после укладки на вагонетки.

Определение величины $q_{\text{вп}}$ при производстве 11 сортов хлеба, приведенное ВНИИХП (1974), показало, что средние для каждого сорта значения этого показателя были в пределах от 0,54 до 0,93% и в среднем для всех изучавшихся сортов хлеба и булочных изделий составляли 0,715%. Поэтому для контроля и расчета выхода было принято среднее значение $q_{\text{вп}}$, равное 0,7%. При этом следует учитывать, что сроки хранения хлеба с момента выхода из печи установлены: для хлеба из ржаной обойной, ржаной обойной, ржано-пшеничной, пшенично-ржаной и пшеничной обойной муки — до 14 ч; для хлеба из пшеничной сортовой муки и хлебобулочных изделий массой более 200 г — 10 ч и для мелкоштучных изделий массой 200 г и менее — 6 ч.

За эти сроки хранения значение $q_{\text{ус}}$ среднее для 11 сортов хлеба и булочных изделий, находилось в пределах от 3,4 до 4%.

Мы, как уже указывали выше, пришли к заключению, что необходимо объединить показатели $Z_{\text{упд}}$ и $Z_{\text{ус}}$ в один общий показатель затрат на усыхание хлеба — $Z_{\text{ус.общ.}}$. Для установления его численного значения к значению показателя $q_{\text{вп}}$ добавляется значение показателя $q_{\text{упд}}$ (средняя, равная 0,7%, или экспериментально определенная).

Сумма этих двух показателей ($q_{\text{вп}} + q_{\text{упд}}$) и будет величиной $q_{\text{ус.общ.}}$, выражающей общую массу усушки в процентах к массе хлеба в момент его выхода из печи.

Зная численное значение $q_{\text{ус.общ.}}$, можно рассчитать и значение $Z_{\text{ус.общ.}}$ по формуле

$$Z_{\text{ус.общ.}} = q_{\text{ус.общ.}} (P_{\text{в}} + P_{\text{т.общ.}} + Z_{\text{пр}} + Z_{\text{упд}} + Z_{\text{вп}}) / 100.$$

В примерном расчете выхода пшеничного подового хлеба показатели $q_{\text{ус.общ.}}$ был равен 0,1 кг, а $Z_{\text{ус.общ.}} = 8,8$ кг.

Потери хлеба в виде крошки и лома — $P_{\text{пр}}$. При выпекании формового хлеба из форм, при выходе подового хлеба и булочных изделий из печи, при транспортировании их и укладке на лотки, вагонетки и другие устройства часть выпеченных изделий в виде крошек и лома отделяется от хлеба и теряется, а также если эти отходы по их санитарному состоянию непригодны для переработки с целью использования в хлебопечении.

Массу этой потери $q_{\text{пр}}$ выражают в процентах к массе уже остывшего хлеба. Значение же показателя $P_{\text{пр}}$ выражают в размерности выхода теста и рассчитывают по формуле

$$P_{\text{пр}} = q_{\text{пр}} (q_{\text{в}} - (P_{\text{в}} + P_{\text{т.общ.}} + Z_{\text{пр}} + Z_{\text{упд}} + Z_{\text{вп}})) / 100.$$

Для контроля и расчета выходов хлеба ВНИИХП привал следующие средние значения $q_{\text{пр}}$: для хлеба из ржаной обойной и обойной муки, ржано-пшеничной и пшенично-ржаной муки, орловского и столового — 0,02%, для хлеба из пшеничной сортовой муки, пшеничных батонов и городских булок — 0,03%.

Потери от неточности массы штучных хлебных изделий — $P_{\text{шт}}$. Этот вид потерь может быть обусловлен неточностью работы тестоделильных машин, различиями в величине усека БТЗ до ширины пода или лотка, а также различиями в условиях хранения у отдельных частей партии выпеченных штучных изделий. Средние значения $q_{\text{шт}}$, принимаемые при контроле и расчете выхода штучного хлеба и булочных изделий, следующие: для хлеба из ржаной муки и смеси муки пшеничной и ржаной — 0,4%; для хлеба из пшеничной муки 1 и 11 сортов — 0,5%; и для батонов изрезных и городских булок — 1%.

Величины $P_{\text{шт}}$ (в кг) рассчитываются по формуле

$$P_{\text{шт}} = q_{\text{шт}} (q_{\text{в}} - (P_{\text{в}} + P_{\text{т.общ.}} + Z_{\text{пр}} + Z_{\text{упд}} + Z_{\text{вп}} + Z_{\text{упд}} + Z_{\text{ус}} + P_{\text{пр}})) / 100.$$

Потери при переработке брака хлеба — $P_{\text{брак}}$. При определении расчетного выхода хлеба учитывают и потери в процессе переработки забракованного санитарно-допустимого хлеба.

Для определения размеров этой потери рассчитывают значения таких показателей, как $B_{\text{р}}$ — масса забракованного хлеба, выраженная в процентах к общей массе хлебного (в значки), и соответствующего усыхания до отправки с хлебозавода) хлеба, переработанного за рассматриваемый период: $q_{\text{брак}} = B_{\text{р}} E$, где E — коэффициент уменьшения массы забракованного хлеба в процессе его переработки.

По данным ВНИИХП (1974), средний коэффициент E в среднем равен 0,05. При этом размер $P_{\text{брак}}$ для всех изучавшихся сортов хлеба и булочных изделий принят равным 0,02%.

Подводя общий итог исследованиям потерь и затрат при выпекании хлеба и при его выделении на различных хлебобулочных предприятиях значительно различаются. Это обусловлено различиями и ассортиментными процессами для их производства.

ПОТЕРИ И ЗАТРАТЫ СУХИХ ВЕЩЕСТВ И ВЛАГИ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА И ХРАНЕНИЯ ХЛЕБА

Выше нами излагалась схема расчета выхода хлеба, исходя из выхода теста из 100 кг муки и размеров технологических потерь и затрат, учитываемых по каждому виду потерь суммарно, без подразделения на потерю или затрату сухого вещества и влаги.

Однако далеко не безразлично, теряем ли мы на той или иной стадии технологического процесса воду или питательное сухое вещество муки. Поэтому многие исследователи занимались изучением потерь сухого вещества при приготовлении хлеба.

Соотношение содержания сухих веществ и влаги в массе отдельных технологических потерь и затрат различно.

В массе муки, теряемой до начала процесса тестоприготовления, сухих веществ 85,2—87,7% и влаги — от 14,8 до 12,3%.

В массе теста и муки, механически теряемых на стадиях приготовления теста и его разделки, сухих веществ содержится около двух третей (60,3—67,3%) и влаги около одной трети (39,7—32,7%). Чем относительно выше доля теста в этих потерях, тем ниже будет в них доля сухих веществ.

Затраты при брожении полуфабрикатов отражают затраты из-за кислотного брожения только сухих веществ в пересчете их на сахар.

Мука, затрачиваемая на подсыпку при разделке теста, не теряется, а включается в массу тестовых заготовок и их поверхностного слоя. «Недобирается» при этом то количество влаги, которое могло бы быть связано подсыпанной мукой, если бы она была внесена в тесто еще в процессе его приготовления. Часть муки, затраченной на подсыпку, не включавшаяся в тестовые заготовки, либо будет собрана и повторно использована, либо, если она утратит санитарную допустимость, будет отнесена к механическим потерям муки при приготовлении теста и разделке.

Затраты на упек, т. е. на снижение массы тестовых заготовок при их выпечке, на 95—97% состоят из паров воды. От 1,5 до 2% приходится на долю паров спирта, примерно 0,1—0,3% — на долю летучих кислот (в основном уксусной кислоты). В массу упека входит и некоторое количество диоксида углерода.

Затраты на усыхание хлеба как в период до его укладки на вагонетки, так и при последующем хранении на 98—99% состоят из паров влаги. Остальные 1—2% от общей массы усышки представлены парами легколетучих веществ: спирта, летучих кислот, карбонильных соединений и пр.

Масса потерь в виде крошек и лома (кусков и кусочков) хлеба на 85—90% состоит из сухих веществ. При этом в ломе хлеба доля сухих веществ, естественно, ниже, чем в крошках этого же хлеба обычно с поверхностного слоя выпеченного изделия.

Потери от неточности массы выпекаемых штучных хлебных изделий включают в сухие вещества и влагу этих изделий в соотношениях, обычных для каждого вида изделий.

В заключение данной главы мы еще раз подчеркнем, что в борьбе за снижение технологических потерь производства хлеба, а также неоправданно высоких отдельных технологических затрат, в первую очередь $Z_{тп}$ и $Z_{уе.обш}$, основное внимание должно быть обращено на снижение потерь и затрат сухих питательных веществ, пухлых в питании человека.

Нельзя при этом не учитывать положительного или отрицательного влияния каждого вида затрат и составляющих их компонентов на качество, пищевую полноценность, вкус и аромат хлеба.

Глава XI

Пути и способы улучшения качества хлеба

Качество хлеба зависит от качества сырья, в первую очередь от хлебопекарных свойств муки, от способов и режимов проведения отдельных стадий технологического процесса приготовления хлеба и от применения небольших количеств специальных добавок — веществ или продуктов, являющихся улучшителями качества хлеба и хлебных изделий.

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ СВОЙСТВ МУКИ

Проблема улучшения хлебопекарных свойств ржаной и особенно пшеничной муки в основном может быть решена мероприятиями, осуществляемыми в сельском хозяйстве, а также при заготовках, хранении и переработке зерна на муку.

В первую очередь необходимо увеличение посевов уже имеющихся и создание и широкое распространение новых сортов сильной пшеницы, обладающих высоким урожаем, устойчивостью к заболеваниям, отзывчивостью на удобрения и другими агрохимическими достоинствами также и хорошими хлебопекарными свойствами. Не меньшее значение имеет и проведение соответствующих агрохимических мероприятий в колхозах и совхозах, производящих зерно.

Особое значение при этом имеет применение соответствующих удобрений, надлежащей обработки почвы, рациональных севооборотов, организованной и эффективной борьбы с болезнями и вредителями зерновых культур, особенно с ильмом-черешней, и проведение своевременной уборки и первичной послеуборочной обработки зерна.

Важное значение имеет и правильное применение дифференцированной повышенной оплаты государством высококачественного зерна сильной пшеницы с учетом в первую очередь содержания и качества клейковины. Очень многое зависит от организации работы хлебопекарных пунктов и элеваторов: своевременной и правильной оценки хлебопекарных свойств принимаемого зерна, применения рациональных методов в режиме его очистки и сушки, правильного размещения с учетом технологических свойств зерна и рационального хранения его.

Хлебопекарные свойства муки зависят от мероприятий, проводимых на мельничных предприятиях: составления помольных смесей зерна с учетом его технологических свойств, применения оптимальных режимов кондиционирования зерна, а также от видов помолов и параметров их проведения.

Все перечисленные выше мероприятия могут и должны осуществляться в сельском хозяйстве и системе заготовок, хранения и первичной переработки зерна.

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ХЛЕБА И ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Для технолога хлебопекарного предприятия основной задачей является выработка хлеба и хлебных изделий высокого (по меньшей мере, возможно наилучшего) качества из поступающей на хлебозавод муки, которая может обладать существенно различными хлебопекарными свойствами.

Первым этапом решения этой задачи является определение в лаборатории хлебозавода основных показателей хлебопекарных свойств партий муки, поступающих на хлебозавод. Для пшеничной муки это будут показатели: силы муки (в первую очередь содержания и структурно-механических свойств клейковины); ее сахаро- и газообразующей способности; цвета муки и способности ее к потемнению в процессе выработки хлеба, а также показатели качества хлеба, полученного при пробной выпечке. Для ржаной муки важнейшим является показатель ее автолитической активности.

С учетом установленных показателей хлебопекарных свойств муки определяются оптимальные способы и режимы проведения технологического процесса, специальные дополнительные технологические мероприятия или добавки-улучшители.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ, УЛУЧШАЮЩИЕ КАЧЕСТВО ХЛЕБА И ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Из числа технологических мероприятий, рассмотренных в предыдущих главах, улучшению качества хлеба могут способствовать: правильное составление смеси (валки) партий муки; применение прогресса муки пневматическим ее перемещением нагретым воздухом; внесение жира в тесто в виде водно-жировой эмульсии с применением соответствующего эмульгатора; внесение 3—5% муки в виде заварки (при переработке муки с пониженной сахаро- и газообразующей способностью в изделия, в рецептуру которых не входит сахар); оптимальная (с учетом силы муки и способа приготовления теста) механическая обработка теста при его замесе, обминках и операциях формования тестовых заготовок; применение способов и параметров режима приготовления теста, оптимальных с точки зрения качества хлеба; применение оптимальных условий и длительности окончательной расстойки в выпечки хлеба.

302

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ДОБАВКИ — УЛУЧШИТЕЛИ КАЧЕСТВА ХЛЕБА

Уже в течение нескольких десятилетий в хлебопекарной промышленности многих стран практикуется внесение в тесто ряда специальных добавок с целью улучшения качества хлеба — его объема, формы, структуры и свойств мякиша, вкуса и аромата¹. Эти добавки-улучшители по природе их действия можно с известной условностью разделить на улучшители окислительного действия; ферментные препараты; поверхностно-активные вещества; другие улучшители, в том числе и комбинированные по составу и природе действия².

Улучшители окислительного действия

В этом разделе мы кратко напомним основные положения о влиянии окислительного воздействия на свойства муки, теста и хлеба, а затем перейдем к рассмотрению специальных добавок, применяемых в хлебопечении в качестве улучшителей окислительного действия.

Влияние окислительных процессов на свойства муки, теста и хлеба

Значение окислительного воздействия на отдельные компоненты муки и теста и на процессы, в них происходящие, рассмотрено уже в предыдущем изложении.

В главе III показано, что окислительное воздействие является фактором, в значительной мере обуславливающим состояние белково-протеинового комплекса муки, влияющим и на ее белковые вещества (упрочнение и снижение атакующей способности образования дисульфидных мостиков путем окисления смесей сульфидрильных групп), и на активаторы протеолиза (инактивация окислением сульфидрильных групп), и на активаторы протеолиза (инактивация окислением тех же сульфидрильных групп). В результате этого повышается сила муки, улучшаются структурно-механические свойства теста из нее и в результате улучшения газо- и формоудерживающей способности теста увеличивается объем хлеба и уменьшается распыляемость пористых изделий.

Проявляется влияние окислительного воздействия и на «слиз» муки (упрочнение структуры вязкой массы набухших слизи в жидкой фазе теста), и на активность амилотических ферментов, в частности α -амилазы (окисление активных сульфидрильных групп в составе молекулы α -амилазы снижает ее активность).

Существенная роль и фермента липоксигеназы, участвующей в окислительном воздействии на компоненты белково-протеинового комплекса и пигменты муки.

В главе IV показано, что окислительное воздействие на указанные выше компоненты муки при хранении муки после помола является основной причиной, обуславливающей ее «созревание» (для пшеничной муки — повышение ее силы и посветление).

¹ Здесь мы не рассматриваем добавки, повышающие пищевую (минеральную, белковую, витаминную) ценность хлеба. Они будут рассмотрены в главе XIV.
² В учебнике мы в основном ограничиваемся характеристикой улучшителей, механизмом их действия и целесообразности и эффективности их применения.

303

В главе V рассмотрена роль окислительных процессов при замесе и механической обработке теста как фактора, влияющего на структурно-механические свойства в процессе его образования и созревания. Особенно велика роль окислительных процессов при усиленной механической обработке теста при его замесе и образовании и направлении теста на разделку сразу же или вскоре после замеса.

Рассмотрено в связи с этим и влияние на свойства теста проведения его замеса в атмосфере кислорода, воздуха или инертных газов (азота и др.).

Все это показывает весьма существенное влияние окислительного воздействия на свойства муки, теста и в конечном счете хлеба.

ВИДЫ УЛУЧШИТЕЛЕЙ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

К улучшителям качества хлеба окислительного действия относятся: кислород, пероксид водорода, бромат калия, йодат калия, персульфат аммония; аскорбиновая кислота (окислительным действием обладает ее дегидроформа), диоксид хлора, пероксид ацетона, азодикарбонамид, пероксид карбамида, пероксид кальция, пермолочная кислота и пербораты. В этот перечень мы не включили оксиды азота, хлор, хлористый нитрозил, пероксид бензоила, применяемые только на мельницах при отбеливании муки. В этот же перечень можно было бы включать и соевую необезжиренную и термически необработанную муку, содержащую активную липоксигеназу, и препараты-улучшители, имеющие ее в основе. Ввиду того что в этих продуктах действующим окислительным компонентом является фермент липоксигеназа, мы рассмотрим их в группе ферментных препаратов.

Из этого перечня улучшителей окислительного действия наиболее широкое практическое применение в хлебопечении нашей страны находят бромат калия (ГОСТ 4457—74), йодат калия и аскорбиновая кислота (ГОСТ 4815—76). Применяются также и пероксид ацетона и азодикарбонамид.

Следует отметить, что органы государственного санитарно-гигиенического надзора и соответствующие пищевые законодательства разных стран по-разному относятся к вопросу о допустимости применения перечисленных выше химических улучшителей окислительного действия. Во многих странах (в США и др.) большинство перечисленных выше соединений разрешено к применению в соответствующих дозировках в мукомольной и хлебопекарной промышленности. В других странах разрешено применение только отдельных указанных улучшителей, например аскорбиновой кислоты. В ряде стран запрещены любые химические методы обработки муки и любые химические соединения в качестве добавок при производстве хлеба.

Переходим к рассмотрению отдельных улучшителей окислительного действия.

Кислород. Кислород воздуха независимо от нашего желания участвует в качестве окислителя в процессах созревания муки, в процессе замеса, образования и созревания теста. В ряде случаев, однако, предусматриваются мероприятия, которые могут увеличить окислительную роль кислорода воздуха в этих процессах. Так, например, внутризаводское ленточное перемещение муки на мельницах и хлебозаводах способствует ускорению созревания

овесжемолотой муки и в некоторой степени ее посветлению. Применение при этом подогретого воздуха повышает этот эффект.

Кислород воздуха, механически вовлекаемого в виде микропузырьков в массу теста при замесе, также участвует в происходящих в нем окислительных процессах. Чем длительнее и интенсивнее механическая обработка теста при его замесе, тем больше в нем пузырьков воздуха и тем они мельче. Поэтому соответственно больше и окислительный эффект воздуха, захваченного тестом.

В многочисленных исследовательских работах было показано, что улучшающее структурно-механические свойства теста окислительное воздействие может быть значительно усилено, если замес теста производить в атмосфере кислорода или воздуха, обогащенного кислородом. Проведение замеса пшеничного теста в атмосфере воздуха, искусственно обогащенного кислородом, предлагалось рядом авторов и для практического применения в хлебопекарной промышленности.

Пероксид водорода. Пероксид водорода (H_2O_2) также является активным окислителем. Возможность использования пероксида водорода для улучшения качества пшеничного хлеба исследовалась в ряде работ.

Предлагалась даже способ приготовления пшеничного теста с использованием пероксида водорода в качестве не только улучшителя структурно-механических свойств теста, но и единственного разрыхляющего теста кислородом агента. Однако практического производственного применения пероксида водорода в хлебопечении не нашло.

Бромат калия и йодат калия. Бромат калия $KBrO_3$ (калий бромоватокислый) образует при восстановлении KBr .

Йодат калия — KIO_3 (калий йодноватокислый) при восстановлении образует соответственно KI .

Следует отметить, что в ряде стран практиковалось еще с 30-х годов добавление бромата калия в муку на мельницах. При этом улучшитель в сухом порошкообразном состоянии соответствующим микродозатором вносится в поток готовой муки и равномерно в ней распределяется.

Однако в большинстве случаев и бромат, и йодат калия вносятся в тесто при его приготовлении в виде водного раствора.

Дозировки этих улучшителей связаны с сортом (выходом) пшеничной муки, ее хлебопекарными свойствами (в первую очередь с силой муки) и интенсивностью механических воздействий на тесто. Чем выше выход муки, чем она слабее и чем интенсивнее механическая обработка теста, тем выше оптимальная их дозировка.

При порционном приготовлении пшеничного теста обычным опарным или безопарным способом бромат калия добавляется, как правило, в количестве от 0,001 до 0,004%, а йодат калия в количестве от 0,0004 до 0,0008% к массе муки в тесте. Несмотря на столь незначительные размеры добавок этих улучшителей, они при оптимальной дозировке дают резкое увеличение объема хлеба (на 10—40%), повышение пористости и улучшение структуры и структурно-механических свойств мякиша. Мякиш становится более

светлым, а корка более румяной. Расплаваемость подовых изделий значительно снижается.

Следует подчеркнуть, что дозировки бромата или йодата калия выше оптимальных для данной партии муки, способа и режима приготовления теста не только не улучшают, но заметно ухудшают качество хлеба. Хлеб получается резко пониженного объема с плотным, плохо разрыхленным мякишем, с характерной бугристостью корки и трещинами и подрывами на ней. Цвет такой корки вследствие торможения протеслива заметно бледнее обычного. Снижение объема хлеба является, очевидно, следствием чрезмерного для данного теста окислительного воздействия, при котором избыточное упрочнение структуры клейковинного каркаса теста вызывает резкое снижение способности клейковинных пленок растягиваться при увеличении объема газовых пузырьков теста. В результате этого свижается газоудерживающая способность теста и степень разрыхления его при расстойке и в начальном периоде выпечки.

Еще в 1939 г. было убедительно показано, что при усиленной механической обработке теста резко повышается оптимальная величина добавок бромата калия, особенно если замес теста производится в атмосфере не воздуха, а инертного газа (азота).

Еще больше относительно повышается оптимальная дозировка бромата и йодата калия и других улучшителей окислительного действия при применении современных непрерывно-поточных методов приготовления теста с усиленным механическим воздействием на тесто в процессе его замеса и образования и пуске теста на разделку сразу же или через короткое время после замеса. В этом случае окислители играют роль не только улучшителя структурно-механических свойств теста, но и ускорителя процесса его созревания. При этих способах приготовления теста оптимальная дозировка бромата и йодата калия примерно в 4—5 раз больше указанных выше дозировок для обычных способов приготовления теста.

Многолетнее применение этих повышенных добавок улучшителей окислительного действия не подтвердило опасений о возможности вредного воздействия их на здоровье человека.

Применяя бромат калия при обычных способах приготовления теста, следует иметь в виду, что его добавки, улучшающие структурно-механические свойства теста, вызывают необходимость довольно существенного (на 10—40%) удлинения процесса окончательной расстойки. Без этого не будет достигнут максимальный эффект улучшения качества хлеба.

Можно еще отметить, что улучшающий качество хлеба эффект добавки бромата калия выше у сортов хлеба, в рецептуру которых входит жир и сахар. Максимальный эффект достигается, когда добавка бромата калия совмещается с внесением жира в тесто в виде эмульсии, приготовленной с применением фосфатидного концентрата или другого неионогенного поверхностно-активного вещества.

Бромат калия является относительно медленно действующим окислителем (что связывают с тем, что его окислительное действие ускоряется по мере повышения кислотности теста), а йодат калия — относительно быстро действующим окислителем. В связи с этим в США в качестве улучшителя окислительного действия часто применяют смесь бромата и йодата калия в соотношении 4:1.

Персульфат аммония. Применение добавок персульфатов в качестве улучшителей, вносимых в муку или тесто, было запатентовано еще в 1911 г.

В 20—30-е годы в хлебопечении европейских стран ~~известное~~ применение в качестве улучшителя персульфат аммония — $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$. Этог ~~улучшителя~~ добавлялся в тесто обычно в количестве от 0,01 до 0,02% к массе ~~муки~~. В отличие от бромата и йодата калия персульфат аммония состоит в себе окислительное действие, улучшающее структурно-механические свойства теста, со способностью несколько стимулировать газообразование в тесте. Последнее связано с тем, что это соединение, как аммонийная соль, является дополнительным источником азотистого питания для дрожжевых клеток, повышающим их бродящую активность в тесте.

Добавки персульфата аммония также вызывают увеличение объема хлеба и разрыхленности его мякиша и снижение расплаваемости подовых изделий.

Аскорбиновая кислота. Аскорбиновая кислота (витамин С) является добавкой в хлеб или другие пищевые продукты, безукоризненной с точки зрения физиологии и гигиены питания. Поэтому ее применение в хлебопечении разрешено соответствующими органами медицинского надзора и пищевым законодательством и в странах, в которых запрещено применение для этой цели любых других химических улучшителей.

Аскорбиновая кислота, как известно, является восстановителем. Датский исследователь Йоргенсен был первым, кто установил, что аскорбиновая кислота, добавляемая в пшеничное тесто, вызывает улучшающий качество хлеба эффект, аналогичный тому, который дает добавка в тесто бромата калия, являющегося окислителем.

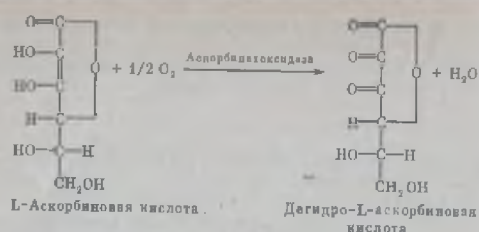
Установлению механизма действия L-аскорбиновой кислоты как улучшителя качества хлеба было посвящено значительное количество исследований и обзорных работ.

На основе этих исследований механизм улучшающего действия добавок в тесто L-аскорбиновой кислоты можно представить себе следующим образом.

В муке имеется окислительно-восстановительная ферментная система, включающая оксидазу аскорбиновой кислоты (по современной терминологии аскорбинатоксидазу) и редуктазу дегидроаскорбиновой кислоты (дегидроаскорбинатредуктазу).

Аскорбиновая кислота, добавленная в тесто, подвергается сопряженному действию упомянутых выше ферментов.

На первой стадии аскорбинатоксидаза катализирует окисление аскорбиновой кислоты с превращением ее в дегидро-L-аскорбиновую кислоту. Этот процесс идет по следующей схеме:



Образовавшаяся дегидро-L-аскорбиновая кислота и является тем окислителем, с которым связано улучшающее действие внесенной в тесто аскорбиновой кислоты.

На второй стадии фермент дегидроаскорбинатредуктаза в присутствии —SH-содержащих компонентов белково-протеинового комплекса муки в тесте (обозначим их как R—SH) катализирует восстановление дегидро-L-аскорбиновой кислоты в аскорбиновую кислоту. При этом 2R—SH превращаются в R—S—S—R, в результате чего и происходит окислительная инактивация самой протеиназы и ее активаторов (например, глутатиона), а также упрочнение структуры теста вследствие «сшивания» дисульфидными связями-мостиками. При этом улучшаются структурно-механические свойства теста, его газо- и формоудерживающая способность, в результате чего увеличивается объем хлеба и уменьшается распыляемость подовых его сортов.

Аскорбиновая кислота либо вносится в сухом виде в муку на мельницах, либо добавляется при приготовлении теста на хлебо-заводах.

Оптимальные дозировки аскорбиновой кислоты, так же как и бромата калия, зависят от сорта (выхода) пшеничной муки, ее силы, способа приготовления теста и интенсивности механической обработки теста, особенно на стадии его замеса и образования.

При обычных способах порционного приготовления теста оптимальные дозировки аскорбиновой кислоты находятся в пределах от 0,001—0,003% для муки высшего и I сорта и до 0,003—0,005% для муки II сорта.

При непрерывно-поточном приготовлении теста с интенсивной механической его обработкой при замесе и образовании оптимум дозировки аскорбиновой кислоты резко увеличивается. Это особенно необходимо, если тесто сразу же после замеса поступает на разделку.

Следует отметить, что одновременное внесение в тесто аскорбиновой кислоты и бромата калия усиливает улучшающий эффект аскорбиновой кислоты. Эффект этот больше, чем суммарный эффект от раздельного добавления тех же количеств этих улучшителей. Причиной этого является, очевидно, то, что внесение в тесто также и бромата ускоряет и делает более полным окисление аскорбиновой кислоты и ее дегидроформу, происходящее в этих условиях не только ферментативным, но и прямым химическим путем.

Замес теста без доступа воздуха или в атмосфере инертного газа снижает, а замес в атмосфере кислорода или воздуха, обогащенного кислородом, до-машает улучшающий эффект добавки а теста того же количества аскорбиновой кислоты.

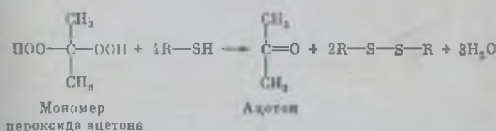
Аскорбиновая кислота как улучшитель теста и хлеба выгодно отличается от бромата и йодата калия практическим отсутствием отрицательного влияния на качество хлеба добавок, превышающих величину оптимальной дозировки.

Пероксид ацетона. Пероксид ацетона получается действием пероксида водорода на ацетон. При соответствующем проведении этой реакции конечный ее продукт содержит более 90% ациклического мономера пероксида ацетона, известное количество димера и следы тримера ацетона.

Применение пероксида ацетона в качестве добавки в муку разрешено пищевым законодательством США в 1961—1962 гг.

Механизм и эффективность улучшающего качество хлеба действия пероксида ацетона изучались в ряде работ. Установлено, что он является активным окислителем. Добавки пероксида ацетона, обычно лежащие в пределах 0,002—0,004% к массе муки, вызывают и отбеливание муки (в результате действия на красящие пигменты муки) и ускорение ее созревания после помола, улучшение структурно-механических свойств теста и ускорение процесса его созревания (в результате окислительного воздействия на R—SH-компоненты белково-протеинового комплекса муки).

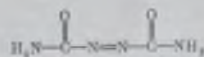
Воздействие пероксида ацетона на R—SH представляется происходящим по схеме



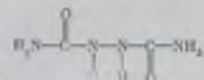
От добавки пероксида ацетона увеличивается объем хлеба, улучшается разрыхленность и структура мякиша хлеба, становится более светлым, и повышается формоустойчивость подовых изделий.

Азодикарбонамид. Применение азодикарбонамида также было разрешено в США в 1961—1962 гг.

Азодикарбонамид имеет приводимую ниже формулу



Он тоже является активным окислителем, образующим при восстановлении гидразодикарбонамид (бимочевину):



Добавки к муке азодикарбонамида в отличие от перекиси ацетона практически не влияют на цвет муки, и его основное действие

состоят в ускорении процесса созревания муки, улучшении структурно-механических свойств теста и ускорении его созревания, т. е. в действии на R—SH-компоненты белково-протеиназного комплекса муки и теста и улучшения соответствующих показателей качества хлеба (объема, разрыхленности и структуры мякиша и формы половых изделий).

Есть работы, показывающие эффективность, особенно в условиях непрерывно-поточного приготовления теста, совместного применения азодикарбоната и бромата калия в соотношении 1:2. Такое сочетание особенно целесообразно при применении современных непрерывно-поточных интенсивно механически воздействующих тестоприготовительных установок. Для этих условий целесообразно совместное добавление 0,002—0,003% АДА и соответственно 0,004—0,006% к массе муки бромата калия.

Другие улучшители окислительного действия. В качестве возможных улучшителей качества хлеба изучались или применялись и другие соединения окислительного действия. Из их числа можно упомянуть пероксид кальция CaO_2 и пероксид карбамида.

Окислительное воздействие на компоненты муки лежит и в основе применения ряда веществ и соединений (оксиды азота, пероксид бензола и др.) только для отбеливания муки на мельницах.

Отбеливающее действие этих реагентов сводится к окислению и обезжелезиванию пигментов муки. Однако ряд отбеливающих муку реагентов окисляюще действует и на R—SH-компоненты белково-протеиназного комплекса муки и поэтому вызывает ускорение ее созревания и соответствующее улучшение структурно-механических свойств теста и показателей качества хлеба.

Применение окислительных улучшителей в мукомольной и хлебопекарной промышленности. Реагенты окислительного действия, применяемые для отбеливания, ускорения созревания и повышения силы пшеничной муки и для улучшения качества хлеба, с точки зрения их отбеливающего и усиливающего (повышающего силу муки и улучшающего структурно-механические свойства теста) действия можно разделить с известной условностью на 3 группы:

- 1) реагенты преимущественно отбеливающего действия: оксиды азота, пероксид бензола;
- 2) реагенты преимущественно усиливающего действия: бромат калия, йодат калия, персульфаты, аскорбиновая кислота, азодикарбонамид, окисленные модифицированные крахмалы (о них см. ниже в этой главе);
- 3) реагенты, сочетающие отбеливающее и усиливающее действия: кислород, пероксид хлора, пероксид водорода.

В практике мукомольной и хлебопекарной промышленности отдельных стран реагенты окислительного действия применяются на мельницах не только с целью отбеливания муки. Практикуется внесение в муку на мельницах и улучшителей преимущественно «усиливающего» действия (бромата калия, йодата калия, аскорбиновой кислоты, азодикарбонамида). Целесообразно ли это? При рассмотрении вопроса о дозировках отдельных улучшителей окис-

лительного действия мы уже отмечали, что большинство их имеет четко выраженные, оптимальные количества их добавки, превышение которых может вместо улучшения качества хлеба вызывать его ухудшение. Этот оптимум зависит не только от выхода (сорта) муки, ее силы (в том числе и от содержания белка), но и от способов, параметров и условий процесса приготовления теста.

Было уже отмечено, что при непрерывно-поточных методах приготовления теста с интенсивным механическим воздействием на него в процессе его замеса и образования и особенно при исключении периода брожения теста до разделки дозировка окислительных улучшителей может и должна быть в несколько раз увеличена по сравнению с оптимальными для обычных способов приготовления теста. Поэтому современные аппаратно-технологические схемы (см. главу V) приготовления пшеничного теста предусматривают внесение при этом оптимальных доз окислителей и применение необходимого для этой цели оборудования.

Улучшители восстановительного действия

При приготовлении хлебобулочных изделий из пшеничной сортовой муки с чрезмерно сильной, короткорвущейся клейковинной добавки восстановительного действия также целесообразны. Они будут ослаблять чрезмерно крепкую клейковину, улучшать структурно-механические свойства теста, а в итоге и качество хлебопекарных изделий.

Таким образом могут влиять такие активаторы протеолиза, как цистеин или глутатион в его восстановленном состоянии (описание их действия приведено в главе III).

Предусмотрено применение для этой цели и гипосульфита ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) — тiosульфата натрия (ГОСТ 244—76).

В случае если мука наряду с короткорвущейся клейковинной имеет и повышенную автолитическую активность, рекомендуется сочетать внесение гипосульфита (в опару) с внесением бромата калия (в тесто). Целесообразные дозировки гипосульфита лежат в пределах от 0,001 до 0,002% к массе муки.

Ферментные препараты

Назначение применяемых в хлебопечении ферментных препаратов (далее — ФП) в том, чтобы форсировать биохимические процессы, катализируемые ферментами, содержащимися в препарате. Конечной целью форсирования этих процессов является повышение качества хлеба или ускорение технологических процессов его производства, прежде всего на его наиболее длительном этапе — приготовлении теста.

Из всего сказанного выше ясно, что ферменты играют весьма существенную роль в технологическом процессе производства хлеба.

Наибольшее значение имеют ферменты амилаолитические и протеолитические, в значительной степени обуславлива-

ющие газообразование при брожении теста и его газо- и формо-удерживающую способность. Большое значение имеет и лилоксиген аза, играющая существенную роль в процессе созревания пшеничной муки после помола, а также в окислительных процессах, влияющих на структурно-механические свойства теста и цвет мякиша хлеба. Поэтому вполне оправдано уже многие годы практикующееся применение в качестве улучшителей хлеба также и ферментных препаратов.

ЗЕРНОВОЙ СОЛОД И СОЛОДОВЫЕ ПРЕПАРАТЫ

По ОСТ 18-218-75 в нашей стране производится солод ржаной сухой ферментированный и неферментированный.

Солод ржаной сухой ферментированный (красный или томленый) получается путем проращивания зерна ржи, его ферментации (томления), сушки и помола. Солод неферментированный (светлый или нетомленый) получается тем же путем, но без процесса ферментации.

Согласно названному ОСТу, под процессом «ферментации» подразумевается процесс выдержки (томления) пророщенного зерна ржи при высокой температуре. Ферментированный солод, помимо этой операции, подвергается сушке также при высокой температуре.

При этом в ржаном солоде интенсивно протекает процесс образования меланоидинов, придающих солоду и красный (точнее красно-буроватый) цвет и специфический вкус и аромат. Именно ради этих свойств данный вид солода и производится.

У ферментированного солода активность ферментов очень невелика — в несколько раз меньше, чем у обычной ржаной обойной муки, так как высокая температура на стадиях томления и сушки приводит к инактивации ферментов. Поэтому ферментированный ржаной солод следует рассматривать не как ферментный препарат, а как добавку, улучшающую цвет мякиша ржаного хлеба (мякиш приобретает приятную коричневатую-бурю окраску), его вкус и аромат. В главе VIII уже отмечалось, что аналогичный эффект может быть получен при значительно удлиненной выпечке ржаного хлеба из обойной муки и без добавления красного ржаного солода.

Ферментированный (красный) ржаной солод обычно вносят в заварку, применяемую при приготовлении ржаного заварного, бородинского и некоторых других видов хлеба.

Однако приготовление красного ржаного солода — процесс трудоемкий, длительный и даже при наиболее рациональной технологии связанный с потерей около 20% сухих веществ зерна ржи.

Исходя из этого, во ВНИИХПе была разработана (1958 г.) технология приготовления нового продукта, с успехом заменяющего красный ржаной солод при приготовлении специальных заварных сортов ржаного хлеба. Для этой цели ржаную обойную муку подвергают завариванию водой, осаживанию и протеолитическим препаратом из плесневых грибов (*Aspergillus*) а затем «томлению» при 110—115°C и небольшом избыточном давлении, при котором и происходит меланоиднообразование.

Полученный таким образом продукт после охлаждения полностью заменяют при производстве заварных сортов ржаного хлеба заварку, приготовленную с добавлением красного ржаного солода.

Хлеб, приготовленный на продукте, заменяющем красный ржаной солод, по цвету мякиша, вкусу и аромату ничем не уступает хлебу, в который добавлен красный ржаной солод.

Длительность приготовления этого продукта — около 12 ч вместо 10—12 сут, затрачиваемых на весь процесс приготовления красного ржаного солода. Потери сухого вещества составляют 2,5—3%.

Приготовлен в производственной проверке эффективности применения этого заменителя красного ржаного солода был успешно проведены на одном из московских хлебозаводов, однако широкого промышленного применения он не получил.

Солод ржаной сухой неферментированный в отличие от ферментированного сразу же после проращивания зерна подвергается сушке. Сушка проводится при пониженном давлении и температуре, с тем чтобы α -амилаза, протеолитические и другие ферменты, активность которых резко повышалась при проращивании зерна, сохранили эту активность и после сушки. Измельченный после сушки солод имеет светлую окраску, очень близкую к окраске муки (потому его часто называют белым солодом), и резко повышенную активность ферментов, особенно α -амилазы.

Потому этот вид солода (неферментированный) применяется в хлебопечении как α -амилолитический ферментный препарат (ФП) и для осахаривания заварки при приготовлении рижского и некоторых других сортов хлеба, а также в качестве улучшителя при переработке пшеничной муки с пониженной сахаро- и газообразующей способностью.

Следует отметить, что в практике отечественной хлебопекарной промышленности белый с высокой активностью ферментов солод применяется лишь в ограниченном количестве соответствующих видов хлеба и предусмотрен в качестве обязательного компонента рецептуры в определенной дозировке, не уязвимой со свойствами, и в частности с сахаро- и газообразующей способностью, перерабатываемой муки.

В ряде стран добавка белого солода с высокой активностью ферментов или солодового экстракта увязывается с уровнем сахарообразующей способности муки.

В рецептурах большинства хлебобулочных и сладких изделий из пшеничной муки, вырабатываемых в Чехословакии, предусмотрено применение либо белого солода, либо солодового экстракта.

При приготовлении пшеничного хлеба из пшеничной муки высшего и I сортов вместо измельченного неферментированного солода целесообразно применять солодовые экстракты.

Наиболее ценные для хлебопечения составные части активного белого солода — его ферменты, сахара и декстрины — почти полностью переходят в водный раствор. Поэтому, если приготовить водную вытяжку из солода и уварить ее (при пониженных давлениях и температуре, чтобы не инактивировать ферменты), то получится экстракт — густая сиропообразная масса, содержащая все растворимые в воде части солода. Такой экстракт свободен от оболочек и крупных частиц зерна, обуславливающих более темный цвет мякиша. Применение солодовых экстрактов широко распространено в ряде стран.

Солодовые экстракты улучшают газообразование в тесте, так как примерно на 80% состоят из сбраживаемых сахаров и, кроме того, содержат активные амилазные ферменты, в частности α -амилазу. Немалую роль играют и протеолитические ферменты солодовых экстрактов, а также активаторы протеолиза.

Применение солодовых экстрактов с большой протеолитической активностью и большим содержанием активаторов протеолиза при приготовлении хлеба из слабой муки со слабой клейковиной может привести к ухудшению качества хлеба, к увеличению его распыляемости. Поэтому при характеристике качества солодовых экстрактов следует руководствоваться показателями не только их химического состава и α -амилазной активности, но и протеолитической активности.

Дозировка солодового экстракта в зависимости от его ферментативной активности в свойствах муки колеблется в пределах 1—3% к массе муки.

Наибольший эффект (значительное увеличение объема и пористости хлеба, нормальное окрашивание корки) дает солодовый экстракт, добавляемый к муке с малой сахаробразующей способностью. Применение солодового экстракта удлиняет период потребительской свежести хлеба.

МИКРОБНЫЕ ФЕРМЕНТНЫЕ ПРЕПАРАТЫ

Ферментные препараты (ФП) по природе микроорганизмов-продуцентов соответствующих ферментов принято подразделять на ФП грибного происхождения — из грибов плесневых, дрожжеподобных и других (*Asp. oryzae*, *Asp. awamori*; *Endomycopsis* sp., *Endomycopsis fibuliger* и др.) и ФП бактериального происхождения — из *Bac. subtilis*, *Bac. mesentericus* и других бактерий.

Номенклатура микробных ФП. Выпускаемые промышленностью ФП имеют наименования, сочетающие в себе сокращенное название основного в данном препарате фермента и сокращенное видовое название микроорганизма-продуцента. Так, например, препарат, в котором основным ферментом является амилаза, полученная культивированием *Asp. oryzae*, именуется амилаоринозом. Если продуцентом такого препарата была культура *Bac. subtilis*, то такой ФП называется амила субтилином.

После наименования микробного ФП в его обозначении фигурируют такие индексы, как: П3х, П10х, П15х, П20х или Г3х, Г10х, Г15х, Г20х. Первые буквы в этих индексах характеризуют способы выращивания микроорганизма-продуцента: П обозначает поверхностное выращивание на твердых питательных средах, а Г — глубинное выращивание в жидких средах. Обозначения 3х, 10х, 15х, 20х отражают нарастающую степень очистки и концентрации ФП.

Процесс производства микробных ФП и вопросы их применения в отраслях пищевой промышленности и в хлебопечении детально описаны в соответствующей литературе¹.

¹ Калужниц К. А., Голтер Л. И. Микробные ферментные препараты: технология и оборудование. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 304 с.; Ферментные препараты в пищевой промышленности: под ред. В. Л. Кретьевича и В. Л. Яковенко. — М.: Пищевая промышленность, 1975. — 536 с. (см. гл. 1); Применение ферментных препаратов в хлебопекарной промышленности, автор В. Л. Кретьевич и Р. Р. Токарева, с. 7—103.

Поэтому ниже мы ограничимся лишь очень кратким изложением отдельных вопросов, существенных для технолога хлебопечения.

Комплексность микробных ФП. В культурах грибов плесневых и других и в культурах бактериальных содержатся многие ферменты: амилазные (а- и β -амилазы, глюкоамилаза и др.); протеолитические (протениазы: эндо- и экзополипептидазы; протеазы: кислые, нейтральные и щелочные по оптимуму pH и др.); пектолитические; целлюлолитические и др. Моноферментных культур микроорганизмов в природе нет. Получение моноферментных препаратов из микробных культур методически возможно и осуществимо, но столь сложно и дорого, что применяется только для исследовательских целей. В микробных ФП промышленного назначения с учетом характера и специфики их действия добиваются преобладания активности наиболее нужного одного фермента. В случае необходимости наличия в препарате не только основного, преобладающего, фермента, но и других устанавливается и количественное соотношение численных значений их активности.

При характеристике отдельных видов ферментативной активности ферментных препаратов приняты методики, предусматривающие выражение активности в единицах на 1 г препарата (ед./г ФП). За единицу активности обычно принимается количество соответствующего субстрата, измененного действием характеризованного фермента за заданное время при строго обусловленных условиях и параметрах проведения определения.

В микробных ФП определяется целый ряд видов ферментативной активности, имеющих прикладываемые ниже сокращенные обозначения: АС — амилазная активность (способность); ПС — протеолитическая активность; ПКС — пектолитическая активность; ОС — осаживающая способность и т. д.

В пределах каждого из этих видов ферментативной активности могут быть и более дробно и точно ее характеризующие подвиды активности. Так, например, в пределах ПС может определяться ферментативная активность протеазы: кислотостойкой, нейтральной и щелочной.

Нормативы ферментативной активности основного преобладающего фермента микробного ФП приводятся в стандарте или ТУ на данный препарат.

Так, например, для применения в хлебопечении производится из поверхностной культуры *Asp. oryzae* 740-А ферментный препарат амилаориноз П110х. ГОСТ 18919-73 на этот ФП предусматривает, что его АС должна быть не менее 2000 ед./г и ОС не менее 1000 ед./г.

В ГОСТах или ТУ на микробные ФП приводятся нормативы и других видов ферментативной активности, наиболее важных с точки зрения назначения препарата. Так, например, определенная ПС у амилаориноза П10х желательна для хлебопечения. Однако повышенная ПС этого препарата уже отрицательно влияет на структурно-механические свойства теста и качество хлеба. Поэтому ГОСТ на амилаориноз П10х допускает для этого препарата ПС не более 30 ед./г.

Для некоторых микробных ФП стандарты или ТУ на них допускают их выражку с тремя или четырьмя степенями его основной ферментативной активности: группа 1 предусматривает высокую активность основного фермента, а группа 3 (или 4) — относительно наименьшую ее величину.

В хлебопекарной промышленности могут быть ситуации, когда целесообразно применение ФП с повышенной ПС. В этом случае

² При определении ОС по методике УкрНИИППа — не менее 150 ед./г.

целесообразно применение таких ФП, как протосубтилин Г10х или протосубтилин Г20х, продуцентом которых является глубинная культура *Vac. subtilis*. Помимо уже упомянутых ФП представляют интерес для применения в хлебопечении и следующие микробные препараты.

Амилоризин П10х (продуцент *Asp. oryzae* 740-Аз), глюкаваморин П10х (из *Asp. awamori*) и амилосубтилин Г10х (ОСТ 59-11—72) и Г15х (из *Vac. subtilis* 103).

Исследованиями, проведенными в ХО ВНИИХП, ВНИИБиотехники с участием Московского опытного завода ферментных препаратов, установлена целесообразность применения в хлебопечении и комплекса микробных ФП. Этот комплекс называется мультиэнзимной композицией (сокращенно—МЭХП)¹.

В соответствии с ТУ 59.003.001—81 для хлебопекарной промышленности предназначается два типа этого улучшителя: тип I—двухкомпонентный МЭЖ, в состав которого входят амилоризин П10х и амилосубтилин Г10х в соотношении по массе 100:3, и тип II—трехкомпонентный, имеющий в составе амилоризин П10х, амилосубтилин Г10х и протосубтилин Г10х в соотношении 100:2:6.

Тип II этого улучшителя предпочтителен при применении пшеничной муки с клейковиной малой растяжимости.

В заключение раздела о микробных ФП можно отметить очень перспективный путь повышения эффективности их применения как катализаторов соответствующих биохимических процессов. Это может быть достигнуто путем иммобилизации наиболее важных и технологически нужных ферментов препарата на соответствующих веществах и поверхностях-носителях. Работы этого направления ведутся у нас и за рубежом, а результаты их находят уже промышленное, и очень эффективное, применение при использовании ферментных препаратов.

Продукты и препараты с липоксигеназной активностью и их применение в хлебопечении

Роль фермента липоксигеназы в окислении сульфгидрильных групп в компонентах белково-протеиназного комплекса муки и в связи с этим в повышении силы муки и улучшении структурно-механических свойств теста, а также в окислении и обесцвечивании пигментов эндосперма в муке и осветлении мякиша хлеба рассмотрена уже в главах III, IV и V. Однако активность липоксигеназы в зерне пшеницы и в пшеничной муке относительно низка. В связи с этим в ряде стран для улучшения качества хлеба применяются добавки в тесто продуктов или препаратов, имеющих высокую липоксигеназную активность.

Соевая мука. Липоксигеназная активность семян сои в 10—15 раз выше по сравнению с семенами пшеницы и других злаков.

¹ Регулирование технологического процесса с помощью комплексных улучшителей/Р. Б. Кузьминский, Т. П. Шваркина, И. А. Попадич и др. — Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1981, № 1, с. 26—29.

Поэтому необжаренная соевая мука, не подвергавшаяся термической обработке и полученная из непрогревавшихся бобов сои, является естественным препаратом активной липоксигеназы. Такая соевая мука может быть использована в качестве улучшителя пшеничного хлеба, обладающего окислительным действием.

В 1927 г. был предложен хлебопекарный улучшитель, имеющий в основе липоксигеназную соевую муку. Улучшитель такого типа под торговой маркой Vytase и сейчас производится в США. Добавки его в количестве до 1% к массе муки увеличивают объем хлеба, улучшают структуру, структурно-механические свойства и цвет мякиша.

В отдельных странах, в которых запрещена отбелка муки химическими средствами, практикуется добавка при приготовлении хлебных изделий из пшеничной муки 0,5—1% ферментативноактивной необжаренной соевой муки. Главной целью этой добавки является получение готовых изделий с более светлым мякишем.

Разработан и ряд способов применения ферментативноактивной соевой муки при приготовлении пшеничного теста, резко повышающих эффект окислительного действия содержащейся в соевой муке липоксигеназы.

В 1950 г. в Англии был предложен способ, при котором ферментативноактивная соевая мука в количестве около 0,1% к массе всей муки в тесте вносится при приготовлении жидкой опары, которая в течение 3—8 мин интенсивно перемешивалась в быстросходной мешалке. Дальнейший процесс брожения опары и приготовления теста идет обычным порядком.

При этом способе интенсивно перемешиваемая опара насыщается газы воздуха, кислород которого может быть использован липоксигеназой соевой муки для образования гидропероксидов ненасыщенных жирных кислот. Однако в этой фазе только жир муки является субстратом для липоксигеназы и образования гидропероксидов, которые могут окислительно действовать на компоненты белково-протеиназного комплекса и пигменты части муки, вносимой в эту опару.

В США был разработан способ улучшения качества пшеничного хлеба под действием липоксигеназы соевой муки, предусматривавший предварительное приготовление также интенсивно перемешиваемой окислительной фазы из воды, соевой ферментативноактивной муки (1% от общей массы муки в тесте) и растительного масла (0,5% к массе муки) в качестве субстрата для действия липоксигеназы. Однако в этой фазе нет муки, т. е. того субстрата, на который должны окислительно действовать образовавшиеся гидропероксиды.

Наибольший улучшающий качество пшеничного хлеба эффект использования липоксигеназы соевой муки достигается при применении разработанного в МТИПБ способа, описанного в главе V. Этот способ предусматривает в процессе приготовления теста предварительную, интенсивно перемешиваемую жидкую окислительную фазу (ЖОФ), в которую последовательно вносятся: вода и соевая мука (0,3%), жировой субстрат (эмульсия в воде 0,05% растительного масла и 0,05% фосфатидного концентрата) и на последней стадии — часть (15—25%) пшеничной муки.

Наличие в этой фазе всех перечисленных компонентов и обеспечивает относительно наибольшую эффективность этого способа по сравнению с другими упомянутыми выше.

Клеточный сок картофеля. Клеточный сок картофеля (далее сокращенно—КСК) является отходом картофелекрахмального производства и содержит, как известно, помимо углеводов, белка, минеральных соединений и витаминов, также и активную ли-

поксигеназу и термостабильные ингибиторы протеолиза.

Исходя из этого и из предварительных опытов, проведенных во ВНИИХПе и МТИППе, был предложен способ использования КСК для улучшения качества пшеничного хлеба.¹

Начиная с 1971 г. в МТИППе были начаты исследования, направленные на использование КСК. Было установлено, что КСК можно консервировать 15% поваренной солью и превратить в КСК-Конс, способный длительно сохраняться. Был также разработан способ получения концентрата (Конц) из КСК-Конс, определены оптимальные для разных способов приготовления дозировки КСК и упомянутых выше его препаратов. Показано, что КСК и его препараты целесообразно вносить не только в жидкую скислительную фазу (ЖОФ), но и в фазу активации прессованных дрожжей.

Наиболее удобно и эффективно применение в хлебопекарной промышленности концентрата, полученного из КСК Конс.

Итоги работ, проведенных в нашей стране по применению КСК и его препаратов для улучшения качества пшеничного хлеба, подробно изложены и обобщены в обзорной статье, опубликованной в сборнике научных трудов МТИППа «Совершенствование пищевой технологии и техники» (Л. Я. Ауэрман, М. П. Попов, Р. Д. Поландова «Улучшение качества пшеничного хлеба путем применения липоксигеназ-активных пищевых добавок». М.: ЦНИИТЭИ Минздрав СССР, 1981, с. 18—24).

Поверхностно-активные вещества

Следует отметить, что поверхностно-активные вещества (ПАВ) применяются в хлебопечении не только в качестве эмульгаторов при приготовлении эмульсий жира в воде.

В ряде стран ПАВ входят в качестве обязательного компонента в жировые продукты, производимые для применения в хлебопечении.

В нашей стране были разработаны для таких жировых продуктов: жир с фосфатидами для хлебобулочных изделий и жир жидкий для хлебопекарной промышленности. Научно-техническая документация на эти жировые продукты (ОСТ 18-197—74) предусматривает наличие в первом из них до 17% фосфатидного концентрата пищевого, на который имеется ОСТ 18-227—75.

В составе жидкого жира для хлебопекарной промышленности также предусмотрено наличие 3% ПАВ (Т-2 или МГС).

Практикуется и самостоятельное внесение отдельных ПАВ при приготовлении теста в качестве добавки, улучшающей свойства теста, качество хлеба и способность его сохранять свежесть. Поэтому соответствующие ПАВ можно рассматривать как особую группу хлебопекарных улучшителей.

Свойства ПАВ

К ПАВ относят вещества, обладающие способностью адсорбироваться на поверхности раздела фаз и понижать поверхностное натяжение. В ПАВ имеются гидрофильная и гидрофобная (липо-

фильная) части. На поверхности раздела фаз, например жира и воды, частицы ПАВ своей гидрофильной частью будут обращены к поверхности воды, а липофильной (гидрофобной) к поверхности жира. Поэтому адсорбция молекул ПАВ на поверхности раздела фаз всегда упорядочена. Это свойство ПАВ, в частности, обуславливает эффективность их применения при приготовлении водно-жировых эмульсий в качестве эмульгаторов. Соотношение гидрофильной и липофильной частей ПАВ является показателем гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ). Оптимальным для улучшения свойств теста и хлеба является ГЛБ в пределах от 6 до 14.

По признаку ионогенности ПАВ могут быть разделены на следующие группы:

1) анионоактивные ПАВ, диссоциирующие в водных растворах с образованием ионов, несущих отрицательный заряд (например, стеароилмолочная кислота, натриевая и кальциевая соли стеароилмолочной кислоты и пр.);

2) неионогенные ПАВ, не диссоциирующие на ионы. К этой группе относятся, например, моно- и диглицериды жирных кислот и их смеси, стеараты сахарозы и пр.;

3) амфолитные ПАВ со смешанной ионогенной функцией (анионо- и катионоактивные). К этой группе относятся фосфолипиды (лецитин, фосфатиды и фосфатидные концентраты).

ПАВ, применяемые в хлебопечении

Существует большое количество самых разнообразных по химической природе ПАВ, находящих применение в различных отраслях промышленности. Однако в пищевой промышленности, в частности в хлебопечении, могут находить применение только ПАВ, безукоризненные с точки зрения их безвредности в качестве компонента продукта питания и получившие официальное одобрение государственных органов здравоохранения и санитарно-гигиенического надзора.

В нашей стране исследована эффективность применения в хлебопечении целого ряда ПАВ, в частности следующих: ФК — фосфатидных концентратов; МГ и ДГ — моно- и диглицеридов жирных кислот и их смесей, в том числе МГС (моноглицерида стеариновой кислоты) и др.; стеаратов сахарозы; натриевой и кальциевой солей стеароилмолочной кислоты; МГС-ДВ — эфира моноглицерида-стеарата с диацетиловинной кислотой.

Применяется в хлебопечении и ряд других ПАВ (полиоксиэтиленмоностеараты, эфиры сорбита и пропилгликоля с разными жирными кислотами и др.).

Влияние применения ПАВ на качество хлеба

Наибольший улучшающий качество хлеба эффект достигается, если жир, предусмотренный для данного сорта хлеба или булочных изделий, вносится в тесто в виде эмульсии в воде с приме-

¹ А.с. 426640 (СССР). — ВМ, 1974, № 17.

нием ПАВ в качестве эмульгатора. Добавки ПАВ позволяют получать при этом более тонкодисперсную и устойчивую эмульсию.

Внесение жира и ПАВ в тесто в виде эмульсии в виде способствовало лучшему распределению их в тесте и поэтому дает в результате большее улучшение качества хлеба, чем внесение в тесто тех же количеств жира и ПАВ в немодульгированном состоянии.

Еще большая степень улучшения качества хлеба достигается, если жир и ПАВ вносятся в тесто в виде эмульсии с добавлением улучшителя окислительного действия — бромата калия.

Влияние ПАВ на свойства теста и клейковины

Влияние ПАВ в тесте на его свойства имеет существенное технологическое значение и в значительной мере предопределяет и влияние этих веществ на показатели качества хлеба.

Влияние добавок ПАВ на процесс брожения теста изучено очень мало. Есть указания на то, что добавление в тесто 1—2% фосфатидного концентрата (ФК) практически не влияет на газообразование в тесте или даже несколько снижает его.

Поэтому увеличение объема хлеба в результате добавок ПАВ может быть объяснено лишь повышением газоудерживающей способности теста на стадиях окончательной расстойки и начального периода выпечки.

В отношении теста из пшеничной муки I и II сортов с добавками 0,75, 1 и 2% ФК повышение газоудерживающей способности теста подтверждено экспериментально. Так, например, в контрольном тесте из пшеничной муки I сорта без добавления ФК, приготовленном на опаре, брожившей 210 мин, было удержано 46,5% от общего количества выделившегося диоксида углерода. В таком же тесте с добавкой 1% ФК доля CO_2 удержанного тестом, возросла до 64%.

Газоудерживающая способность теста обусловлена его структурно-механическими свойствами, которые в пшеничном тесте в основном зависят от структурно-механических свойств клейковины.

Влияние добавок отдельных ПАВ на структурно-механические свойства теста и его клейковины изучалось рядом исследователей.

Экспериментальные данные по этому вопросу довольно разноречивы как в отношении методов определения структурно-механических свойств теста и клейковины, так и в отношении результатов, полученных с разными ПАВ и даже с одним и тем же ПАВ в разных работах. Так, например, в отношении влияния добавления в тесто ФК есть указания на то, что тесто становится более крутым («крепким») по консистенции, уменьшается его расплываемость, прием увеличивается значения модуля сдвига, модуля упругости и вязкости релаксационной и упругого последования.

В других работах показано, что добавки ФК, наоборот, несколько ослабляют тесто, делая его более жидким по консистенции. Это же установлено и по отношению к добавкам таких ПАВ, как лецитин, эмульгатор Т-2 и моно- и дистерат сахарозы.

Разногласия и данные по влиянию на структурно-механические свойства теста моностеарата сахарозы.

Заметно улучшились структурно-механические свойства теста из пшеничной муки, определявшиеся в процессе замеса на фармографе, при добавках таких ПАВ, как стеарилафумарат натрия.

Отмечается, что резко улучшает структурно-механические свойства теста аналогично стеарилафумарату натрия также и стеарил-2-лактат кальция. Эти два ПАВ повышают стойкость теста к механическим воздействиям при замесе

и устойчивость тестовых заготовок к распаду при расстойке и выпечке, в связи с чем они даже носят наименование улучшителей свойств теста.

Практикой применения ПАВ в хлебопечении США установлено, что их добавление в тесто приводит к повышению его способности безраздельно обрабатываться на тесторазделочных машинах без замывания поверхностей их рабочих органов.

В отдельных работах изучено влияние вносимых в тесто ПАВ и на свойства клейковины.

На основании этих работ можно отметить, что такие ПАВ, как ФК, эмульгатор Т-2, моно- и дистерат сахарозы, «ослабляют» клейковину, одновременно повышая ее влагоемкость, а в связи с этим и количество отмываемой сырой клейковины.

Необходимо отметить, что в брожащем тесте при этом увеличивается способность клейковины к растяжению и уменьшается ее сопротивление этой деформации. Для пшеничного теста из сильной и очень сильной муки это может быть одним из основных факторов повышения газоудерживающей способности. В связи с этим положительное влияние добавок указанных выше ПАВ на качество хлеба особенно заметно при приготовлении теста из муки с короткорушечкой и крошащейся клейковиной. Исходя из этого, рекомендуется дозировку добавляемых ПАВ (ФК или эмульгатора Т-2) связывать с растяжимостью клейковины муки. Чем более короткорушечная является клейковина, тем выше оптимальная добавка ПАВ.

По-другому действуют на свойства клейковины ПАВ, обладающие анионной активностью. Добавки этих ПАВ резко укрощают клейковину, что, очевидно, вызывает и резкое повышение устойчивости структурно-механических свойств теста при замесе.

Очевидно, что по характеру действия на структурно-механические свойства теста и клейковины применяемые в хлебопечении ПАВ существенно различаются тем, что амфолитные (ФК, лецитин) и неионогенные ПАВ (моно- и дистерат, Т-2, жирно-сахара и др.) несколько ослабляют тесто и клейковину; анионоактивные — усиливают и клейковину, и тесто.

Для этих групп ПАВ общим является то, что соответствующие оптимальные их добавки приводят к увеличению объема хлеба, что может быть лишь результатом улучшения газоудерживающей способности теста. Общим является и повышение способности теста легко обрабатываться на стадии его разделки.

Отметим еще одно своеобразное влияние добавок ПАВ на свойства теста. В отдельных работах указывается, что добавки ПАВ, в частности моностеарата сахарозы, увеличивают прочность связывания влаги в тесте. Это приводит к тому, что влажность теста, определяемая обычным методом, заметно (на 1,4%) ниже влажности контрольного (без добавок ПАВ) теста, приготовленного при том же соотношении в нем сухих веществ и воды.

В литературе есть сведения, что добавка в тесто глицеридомоностеарата также приводит к тому, что вода становится менее доступной для испарения.

Влияние ПАВ на процессы, происходящие при выпечке и хранении хлеба

Производственной практикой установлено, что введение в тесто ПАВ приводит к получению хлеба не только большего объема, но и с более мягким и легко сжимаемым мякишем. Установлено также, что мякиш такого хлеба медленнее утрачивает «мягкость» при последующем хранении, что является показателем замедления процесса его черствения. Отмечается и то, что булочные изделия с добавкой ПАВ дольше сохраняют хрупкую и хрустящую корочку.

Указанные отличия хлеба с добавками ПАВ в значительной степени обусловлены их влиянием на изменения компонентов хлеба в процессе его выпечки и последующего хранения.

Относительно лучше изучено влияние ПАВ на крахмал ВТЗ в процессе выпечки и мякни хлеба при последующем его хранении. В этой области установлено или предполагается следующее:

а) добавление ПАВ повышает температуру начала клейстеризации крахмала. Это установлено путем добавок ряда ПАВ в водно-крахмальную пасту, исследуемую при прогреве ее на амиллографе;

б) добавление ПАВ может уменьшать набухание зерен крахмала ВТЗ, что может быть связано с повышением температуры начала клейстеризации к меньшей длительностью ее в ходе выпечки хлеба.

Уменьшение набухания крахмала при выпечке оставляет большую долю воды в жидкой фазе ВТЗ, что является одной из возможных причин большей мягкости хлеба с добавками ПАВ;

в) ПАВ могут в тесте адсорбироваться в виде тонких (вплоть до мономолекулярных) слоев на поверхности зерен крахмала.

В реальном тесте из обычной муки речь, очевидно, может идти в первую очередь об «открытой» (не покрытой «прикрепленным» белком) части поверхности зерен крахмала. Можно полагать, что это как бы экранирование части поверхности зерен крахмала уменьшает соприкосновение зерен крахмала с водной фазой теста. Результатом этого может быть и уменьшение набухания зерен крахмала, и повышение температуры начала их клейстеризации при выпечке. Полагают, что образование этих адсорбционных слоев ПАВ на поверхности зерен крахмала снижает и их сцепление с клейковинным каркасом ВТЗ и вероятность агрегации смежных зерен набухшего крахмала в процессе выпечки. Это также может способствовать повышению мягкости мякни хлеба;

г) влияние ПАВ на амиллозную и амилопектиновую фракции крахмала ВТЗ в процессе выпечки и последующего хранения хлеба также может играть существенную роль.

Исходя из представлений, которые развивал Шоча, изложенных в главе IX, полагают, что добавки ПАВ предотвращают или, по меньшей мере, снижают при выпечке диффузию амилозы из набухших зерен крахмала в водную фазу ВТЗ, в которой они образуют коллоидный раствор уже при охлаждении выпеченного хлеба, превращающегося в структурированный гель. Этот гель, окружающий зерна крахмала, по мнению Шоча, придает упругость мякни хлеба.

Уменьшение при выпечке диффузии амилозы из набухших зерен крахмала происходит в результате образования внутри крахмальных зерен спиралевидных цепочек амилозы с ПАВ в качестве включенного в них стержня. В этом состоянии амилоза иммобилизована и не способна к переходу на набухших зерен крахмала в водную среду. В результате этого уменьшается концентрация, структурированность и упругость амилозного геля вокруг зерен крахмала в остывшем хлебе, что влечет за собой уменьшение количества оставшейся свободной воды, повышает мягкость и пластичность мякни хлеба с добавками ПАВ. При такой трактовке вопроса процесс черствения остывшего свежего хлеба при его дальнейшем хранении сводится исключительно к ретроградации амилопектиновой фракции в набухших и частично клейстеризованных при выпечке зернах крахмала. На этот процесс, заключающийся во взаимно параллельной ориентации и агрегации цепочек — ответвлений молекулы амилопектина, по мнению Шоча, добавки ПАВ влияния не оказывают.

При таком понимании изменений в крахмале мякни хлеба в процессе его черствения не находит объяснения тот факт, что добавки ПАВ не только делают более мягким мякиш свежего остывшего хлеба, но и замедляют снижение мягкости мякни хлеба при последующем его хранении. Именно вследствие этого соответствующие ПАВ и рассматриваются как добавки, замедляющие черствение хлеба.

Можно предполагать, что некоторое количество внесенных в тесто ПАВ проникает внутрь набухших и деформирующихся при выпечке зерен крахмала через участки поврежденных и разрушенных внешних их слоев (оболочки). При этом возможно и задерживающее действие ПАВ на процесс ретроградации амилопектина, а также части амилозы, оставшейся внутри зерен крахмала;

д) влияние ПАВ на свойства белка (клейковинного остова) ВТЗ и мякни хлеба в процессе черствения также играют, очевидно, известную роль.

Выше мы уже отмечали, что добавки ПАВ, влияя на свойства белков клей-

ковины, повышают газоудерживающую способность и в то же время делают свободную влагу теста более трудно испаряемой. При выпечке хлеба это может вызывать известное замедление образования корки и в результате удлинение периода увеличения объема ВТЗ. В сочетании с повышенной газоудерживающей способностью теста это и обуславливает, очевидно, то, что хлеб с добавками ПАВ имеет больший объем, чем контрольный хлеб без этих добавок.

Возможное «прослаивание» белка клейковины соответствующими ПАВ может сказываться на структурно-механических свойствах клейковинного остова теста, а также на состоянии денатурированного белка мякни выпеченного хлеба, составляющего его непрерывную фазу.

Установлено (см. гл. IX), что известную роль в черствении хлеба играет и изменение (структурное уплотнение и упрочнение) белковой части его мякни, также влияющее на снижение мягкости мякни при его черствении.

Добавки ПАВ снижают, можно полагать, скорость изменения при хранении хлеба состояния белковой части его мякни.

е) Более деятельное сохранение хрупкости корки хлеба и хлебных изделий, выпеченных с добавкой соответствующих ПАВ, также является одним из положительных результатов их применения.

Известно, что твердость и хрупкость корки свежевыпеченного хлеба при его хранении утрачивается вследствие миграции влаги из мякни в корку и повышения ее влажности.

Можно допустить, что добавки ПАВ снимают способность влаги жидкой фазы теста не только к испарению, но и к миграции в массу хлеба.

Замедление миграции влаги в хлебе при его хранении может не только способствовать более длительному сохранению хрупкости корки выпеченного хлеба, но и сказываться в известной степени на мягкости его мякни.

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ О ПРИМЕНЕНИИ ПАВ КАК УЛУЧШИТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ХЛЕБА

Суммируя изложенное выше о разностороннем влиянии применения добавок ПАВ в процессе приготовления хлеба, можно отметить следующее:

1. Применение соответствующих ПАВ может существенно улучшить качество хлеба и хлебных изделий из пшеничной муки (увеличивается объем изделий, улучшается структура пористости мякни и его структурно-механические свойства — он становится более мягким и нежным на ощупь). Особенно значительное улучшение качества хлеба достигается в случае, если ПАВ применяется в качестве эмульгатора в составе водной эмульсии жира, вносимого в тесто, при одновременной добавке улучшителя окислительного действия (например, бромата калия).

2. Применение ПАВ способствует более длительному сохранению свежести хлеба и хлебных изделий (мякиш хлеба медленнее утрачивает мягкость, а корка дольше сохраняет хрупкость).

3. Добавки соответствующих ПАВ влияют на структурно-механические свойства теста, улучшая его газоудерживающую способность и способность обрабатываться на стадии разделки.

Характер влияния отдельных групп ПАВ на структурно-механические свойства теста и клейковины различен. Анионактивные ПАВ (стеарил-2-лактат кальция, стеарилфумарат натрия и др.) заметно укрепляют клейковину и тесто, а амфотерные (ФК, лецитин) и неионогенные (Т-2, моноп- и диглицериды, жирорастворимые и многие другие) их несколько ослабляют. Поэтому при пригото-

ния теста из муки с короткорвущейся и тем более крошащейся клейковиной целесообразно применение амфотерных или неионогенных ПАВ.

Модифицированные крахмалы как улучшители качества хлеба

Для повышения качества хлеба в нашей стране производится крахмал окисленный для хлебопечения по ТУ 19-8-5—78. Этот модифицированный крахмал (МДК) получают путем окисления кукурузного крахмала разными реагентами — броматом калия (МДК марки А), перманганатом калия (МДК марки Б) или гипохлоритом калия (МДК марки В). МДК этих марок целесообразно использовать при выработке хлеба, хлебобулочных и бараночных изделий из пшеничной, в первую очередь сортовой, муки.

Применение МДК повышает гидрофильные свойства муки, улучшает структурно-механические свойства теста, увеличивает объем хлеба и сжимаемость, улучшает цвет мякиша и продлевает период потребительской свежести хлеба.

При выработке хлебных изделий из сортовой пшеничной муки дозировка МДК лежит в пределах от 0,3% (у марки А) до 0,5% (у марок Б и В).

Производятся и другие виды модифицированного крахмала¹.

Набухающие крахмалы, получаемые их влаготермической обработкой или другими способами, также находят в ряде стран применение в хлебопекарной промышленности. Они представляют собой порошкообразный в значительной степени клейстеризованный крахмал. Внесение их в тесто вызывает тот же эффект, что и заварки из части муки, аналогично влияя на свойства теста и процессы, происходящие в нем, а также на качество хлеба и продолжение периода его свежести.

Их применение на хлебопекарном предприятии намного проще и удобнее, чем приготовление заварок.

Применение в хлебопечении продуктов ферментного гидролиза крахмала также может быть одним из способов повышения качества хлеба и замедления его черствения.

Комбинированные улучшители и совместное применение отдельных улучшителей

В ряде стран практикуется производство и применение в хлебопечении комбинированных препаратов-улучшителей или совместное применение в хлебопечении ряда из описанных выше видов улучшителей.

¹ Сяпиров А. Р., Жушман А. И., Лосева В. А. и др. Общая технология сахара и сахаристых веществ. — М.: Пищевая промышленность, 1976 — 434 с.
Справочник по крахмало-паточному производству [Д. Р. Абрагам, М. Г. Губин, Е. Я. Жарова и др.], под ред. Е. А. Штырковой и М. Г. Губина. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 432 с.

Комбинированные улучшители. При производстве пшеничного хлеба в ряде стран широко применяется улучшитель под торговой маркой Аркади.

В состав этого улучшителя входят: бромат калия, сульфат кальция, хлористый аммоний, поваренная соль (примерно одна четверть от общего состава), одновалентный фосфат кальция и пшеничная мука (40—50% от общего состава) в качестве наполнителя. В английских препаратах часть пшеничной муки заменяется соевой.

Этот улучшитель играет роль минерального питания для дрожжей, форсирующего их бродительную активность в тесте, и одновременно улучшителя структурно-механических свойств теста (благодаря действию бромата калия и некоторых других компонентов).

Из комбинированных улучшителей, выпускаемых в США, можно назвать препараты под названиями Va—Tox (содержит азодикарбоната и бромат калия); W-52 (содержит пероксид кальция и ферментативноактивную соевую муку); таблетки Calib (содержат бромат калия и йодат калия).

В Германской Демократической Республике завод «Биомальце» выпускает пластобразный улучшитель Teiopa, содержащий солодовый экстракт и лецитин как ПАВ. В отдельных странах производится большое количество и других комбинированных улучшителей.

Совместное применение отдельных улучшителей. Совместное применение отдельных улучшителей представляется нам более целесообразным, чем применение комбинированных улучшителей, торговое наименование которых чаще всего ничего не говорит ни о составе препарата, ни о соотношении в нем отдельных компонентов улучшающего действия. Более целесообразно технологам хлебопекарного производства устанавливать оптимальные сочетания и соотношения отдельных улучшителей с учетом вида и рецептуры хлеба или хлебных изделий, хлебопекарных свойств перерабатываемой муки и применяемого способа и режима приготовления теста.

При рассмотрении отдельных видов улучшителей упоминалось о целесообразности совместного применения ряда отдельных улучшителей (например, ПАВ и бромата калия — в составе эмульсии жира в воде или аскорбиновой кислоты в сочетании с броматом калия).

Для решения вопроса о том, какие улучшители, в каких соотношениях и дозировках целесообразно применять совместно (одновременно или последовательно) в данном конкретном случае, технолог хлебопекарного производства должен исходить из целей и условий их применения.

Оптимальные сочетания и соотношения улучшителей связывать, в частности, со свойствами муки (сваривающей способностью и силой пшеничной муки и вителлической активностью ржаной муки); с применением обычного или ускоренного приготовления теста (при ускоренных способах приготовления теста вносимые улучшители должны повышать активность бродительной микрофлоры и фиксировать ферментативные процессы, обуславливающие созревание теста); с интенсивностью механических воздействий на тесто (как при замесе, так и при формовании тестовых заготовок), а также с выпечкой хлеба в формах или на поду и параметрами процесса выпечки.

Подбор оптимальных сочетаний улучшителей будет различным в зависимости и от того, является ли целью их применения только улучшение формы, повышение объема хлеба, пористости его мякиша, улучшение его структурно-механических свойств или также и продление периода его свежести.

Оптимальными могут быть сочетания не только нескольких улучшителей одного вида, но и различных их видов (ФП, ПАВ, модифицированные крахмалы, улучшители окислительного действия, минеральное питание для дрожжей и т. д.).

Применение оптимальных сочетаний улучшителей имеет и еще одно преимущество — возможность снижения их расхода.

Сочетание двух видов улучшителей, вносимых каждый по половине его оптимальной дозы, может дать улучшающий технологический эффект более высокий, чем раздельное внесение этих же улучшителей в их оптимальной дозе.

В работах, проведенных во ВНИИХПе и МТИППе, исследовалось влияние на свойства теста и качество хлеба из пшеничной муки 1 сорта трехкомпонентных комбинаций таких улучшителей, как амилоризин П10х+бромат калия или аскорбинсая кислота или окисленный крахмал марки А+кислый фосфорнокислый аммоний.

В результате было установлено¹, что при переработке муки, средней по хлебопекарным свойствам, наибольший улучшающий свойства теста и качества хлеба эффект достигался при применении трехкомпонентного комплексного улучшителя, состоящего из 0,001% (в массе муки в тесте) амилоризина П10х, 0,05% кислого фосфорнокислого аммония, 0,15% модифицированного окисленного крахмала марки А. Применение этого улучшителя форсировало сахарообразование в тесте, оптимизировало реологические свойства теста и придавало ему наивысшую газодерживающую способность, в результате чего достигалось получение хлеба относительно наивысшего объемного выхода и качества.

Предусмотрено и применение ортофосфорной кислоты (ГОСТ 6552—58) в сочетании с карбамидом (ГОСТ 6691—77).

Это сочетание улучшителей рекомендуется при выработке хлеба из муки со средними хлебопекарными свойствами.

Глава XII

Дефекты и болезни хлеба

Дефекты хлеба могут быть обусловлены качеством муки и отклонениями от оптимальных способов и режимов проведения отдельных стадий технологического процесса производства хлеба, его хранения и транспортирования.

¹ Регулирование технологического процесса с помощью комплексных улучшителей [Р. В. Кузьминский, Т. И. Шваркина, И. А. Попадья и др.]. — Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1981, № 1, с. 26—29.

ДЕФЕКТЫ ХЛЕБА, ВЫЗВАННЫЕ КАЧЕСТВОМ МУКИ

К дефектам хлеба, вызванным качеством муки, можно отнести:

- 1) посторонний запах;
- 2) хруст на зубах, обусловленный наличием песка в муке;
- 3) горький, полынный вкус;
- 4) бледную окраску поверхности корки вследствие недостаточной сахарообразующей и газообразующей способности муки;
- 5) липкость и как бы сыропеклость мякиша, если мука смолота из проросшего или морозобойного зерна;
- 6) расплываемость подового хлеба, пониженные объем и пористость мякиша при использовании муки из зерна, пораженного клопом-черепашкой, муки свежесмолотой или слабой вследствие неполноценности белкового комплекса пшеницы, из которой эта мука получена.

Горькополынный вкус и запах могут быть в той или иной степени устранены в процессе подготовки зерна к помолу и во время помола. На хлебозаводе вкус и запах горькополынной муки устранены быть не могут.

Хруст на зубах и ненормальные, не свойственные хлебу запах и вкус могут быть только при недосмотре работников лаборатории, допустивших пуск в производство муки, вызывающей эти дефекты хлеба.

Из дефектов хлеба, обуславливаемых свойствами муки, практически наибольшее значение имеют дефекты, вызываемые повреждением клопом-черепашкой, проращением и морозобойностью зерна.

МУКА ИЗ ЗЕРНА, ПОРАЖЕННОГО КЛОПОМ-ЧЕРЕПАШКОЙ

Из насекомых, повреждающих зерно, чаще всего зерно пшеницы, наиболее распространен и вреден [10] клоп — вредная черепашка (*Eurigaster integriceps* Put).

Клоп-черепашка прокалывает растение в разных местах хоботком, длина которого достигает 6 мм, и через образовавшееся отверстие высасывает соки растения. По мере развития растения клоп-черепашка поражает стебли, листья, ножки колосков и, наконец, зерно.

Изменения, вызываемые повреждением зерна клопом-черепашкой

В зависимости от степени зрелости зерна уколы клопа-черепашки вызывают в нем различные изменения. Если зерна повреждены на ранних стадиях созревания, они как бы сморщиваются, высыхают и остаются шуплыми и незаполненными. На поверхности такого зерна при внимательном осмотре легко обнаружить одно или несколько темных пятнышек — точек, окруженных кольцом, окрашенным светлее, чем остальная поверхность зерна. Эти

точки являются как бы зажившими ранками, образовавшимися в результате прокола поверхности зерна хоботком клопа-черепашки. Диаметр отверстия этого прокола равен 0,05—0,1 мм.

Зерна, пораженные клопом-черепашкой в период полной спелости, почти не изменяются по форме и внешнему виду. Заметно лишь небольшое изменение окраски поверхности зерна вокруг точки — следа укула. Однако хлебопекарные свойства зерна резко ухудшаются и в этом случае.

Мука из поврежденного клопом-черепашкой зерна дает тесто, очень быстро разжижающееся и сильно расплывающееся в расстойке. Клейковину из такой муки при сильном поражении зерна вообще невозможно отмыть. При более слабом поражении зерна клейковина отливается, но ее структурно-механические свойства очень скоро ухудшаются в процессе отлежки, она превращается в сметанообразную, мажущуюся, липкую и тянущуюся нитями массу.

Чем сильнее зерно поражено клопом-черепашкой, тем скорее ухудшаются структурно-механические свойства клейковины и теста.

Хлеб из муки, приготовленной из зерна, пораженного клопом-черепашкой, получается расплывшийся, с пониженным объемом и пористостью. Верхняя корка такого хлеба иногда бывает покрыта мелкими неглубокими трещинами. Показатели структурно-механических свойств клейковины и теста и качества хлеба говорят о том, что мука из зерна, пораженного клопом-черепашкой, обладает всеми типичными признаками очень слабой муки.

Природа и характер изменений хлебопекарного качества муки из зерна, пораженного клопом-черепашкой, были в последние годы объектом изучения многих исследователей.

Наиболее существенные изменения повреждение зерна клопом-черепашкой вызывает в его белково-протеиназном комплексе. Содержание в зерне общего и белкового азота несколько снижается. Возрастает содержание водорастворимых азотистых веществ. Атакующесть белковых веществ возрастает. Резко возрастает протеолитическая активность зерна. Отмечалось и повышение содержания йод-редуцирующих веществ (предположительно восстановленного глютамина).

Результатом отмеченных выше изменений компонентов белково-протеиназного комплекса является снижение количества отмываемой клейковины и резкое ухудшение ее структурно-механических свойств (ослабление).

Отмечено, что повреждение зерна клопом-черепашкой имеет результатом также и повышение его амилазной активности, особенно активности α -амилазы, в результате этого и сахарорастворяющей способности. Основную роль в ухудшении хлебопекарных свойств зерна, поврежденного клопом-черепашкой, играет резкое возрастание в нем протеолитической активности.

Протеиназы зерна, пораженного клопом-черепашкой, по данным В. Л. Креговича и Р. Р. Токаревой, имеют разную активность

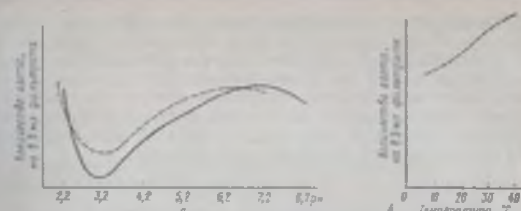


Рис. 49. Активность трипсина в зависимости от pH среды (а) и температуры (б)

в зависимости от pH среды (рис. 49, а). В зоне pH, обычной для пшеничного теста (pH 4,5—6,0), повышение кислотности среды снижает активность трипсина пораженного клопом-черепашкой зерна.

Влияние температуры на активность трипсина зерна, пораженного клопом-черепашкой, схематически показано на рис. 49, б. Понижение температуры в пределах практически применяемой при приготовлении теста (25—35°C) влечет за собой заметное снижение активности трипсина пораженного зерна.

Из химических изменений, связанных с белково-протеиназным комплексом зерна, пораженного клопом-черепашкой, следует отметить некоторое понижение содержания общего азота, резкое повышение доли водорастворимого азота и значительное повышение доли глутамина и азота глутамина.

В отдельных работах имеются указания на увеличение содержания свободного тирозина. Имеются также сведения о возрастании титруемой кислотности.

Рядом работ установлена локальность (ограниченность) повреждения, охватывающего только часть эндосперма зерна, непосредственно прилегающую к зоне прокола клопом-черепашкой. Чем старше по стадиям созревания зерно в момент, когда произошло его повреждение клопом-черепашкой, тем более четко ограничена поврежденная часть зерна. Остальная часть зерна нормальна как по структуре и внешнему виду, так и по состоянию белково-протеиназного комплекса.

Исходя из этого, можно легко объяснить тот общезвестный факт, что при размоле зерна, пораженного клопом-черепашкой, из муки разных выходов и сортов дефектность белково-протеиназного комплекса муки меньшего выхода (высших сортов) выражена слабее, чем муки большего выхода (нижних сортов).

Установлено, что поврежденная часть зерна отличается и резко повышенной микробной обсемененностью.

Поражение зерна пшеницы клопом-черепашкой, особенно азотом зародыша, резко снижает и его всхожесть; при непосредственном поражении зародыша всхожесть полностью утрачивается.

Существенно и то, что повреждение зерна пшеницы вызывает ухудшающие хлебопекарные свойства изменения не только в поврежденных, но и в неповрежденных зернах этого растения. В неповрежденных зернах эти изменения, естественно, во много раз меньше по сравнению с поврежденными зернами. Высев зерна пшеницы, поврежденного клопом-черепашкой, ухудшающе влиял на развитие растений и сказывался в известной мере ухудшающе и на хлебопекарных свойствах зерна — потомства.

Диагностика зерна, поврежденного клопом-черепашкой, и муки из него

При качественной характеристике зерна пшеницы, поврежденного клопом-черепашкой, часто исходили из процента зерен, поврежденных клопом-черепашкой и имеющих следы прокола. Однако и практический, и экспериментально-исследовательский опыт показал несостоятельность и неадекватность такого упрощенного подхода.

Было установлено, что степень повреждения зерна клопом-черепашкой зависит:

1) от стадии созревания, на которой зерно повреждено: чем в более поздней стадии созревания повреждено зерно, тем меньше ухудшается его качество;

2) от типа, сорта и качества пшеницы, повреждаемой клопом-черепашкой. Одни сорта (например, Саррубра) очень стойки к повреждению клопом-черепашкой, другие значительно менее стойки.

Нельзя, наконец, игнорировать и факты, установленные К. К. Гринвановым, нашедшим, что личинки пшеничного трипса вызывают образование на проколотой поверхности пшеничного зерна таких же светлых пятен с темной точкой в центре, которые характерны для зерна, поврежденного вредной черепашкой. Однако укол зерна пшеницы личинкой трипса не ухудшает его хлебопекарных свойств. Исходя из этого, процент зерен, имеющих внешние признаки укула зерна клопом-черепашкой, ни в какой мере нельзя считать показателем степени действительного ухудшения хлебопекарных свойств зерна и муки из него.

Значительно более обоснованы способы диагностики степени повреждения зерна клопом-черепашкой по биохимическим и другим показателям свойств, связанных с белково-протеиновым комплексом зерна и муки.

Из методов этой группы можно указать на диагностику по следующим данным:

1) протеолитической активности вытяжки раствором гидрокарбоната натрия из исследуемого зерна или муки;

2) атаксности белков зерна и муки;

3) продуктам протеолиза (главным образом, тирозину), определяемым в зерне или муке;

4) структурно-механическим свойствам клейковины и теста;

5) показателям качества хлеба, получаемого методом пробной выпечки.

В производственных лабораториях хлебозаводов практическое применение могут найти лишь простейшие методы диагностики, основанные на определении структурно-механических свойств теста и клейковины, наряду с проведением пробных выпечек.

Пути улучшения хлебопекарных свойств зерна пшеницы, поврежденного клопом-черепашкой

Рядом работ была установлена возможность снижения протеолитической активности и улучшения хлебопекарных свойств зерна, поврежденного клопом-черепашкой, путем прогрева его в увлажненном состоянии. Гидротермическая обработка такого зерна, проводившаяся в 1952—1954 гг. по предложению А. И. Опарина и Е. Г. Онященко на ряде мельниц, существенно улучшала хлебопекарные свойства муки. Однако зерно после этой обработки имело влажность около 25%, поэтому до пуска на помол необходима была его сушка.

С этой точки зрения перспективным является разработанный в МТИППе (Э. Г. Прундае, Л. Я. Ауэрман, Ю. К. Губнев, Л. В. Яковлева, 1981) способ обработки предварительно увлажненного зерна пшеницы, поврежденного клопом-черепашкой, в сверхвысокочастотном (СВЧ) электромагнитном поле (ЭМП). При СВЧ-обработке такого увлажненного зерна не только улучшается белково-протеиновый комплекс поврежденной зоны эндосперма зерна, но и существенно снижается влажность зерна.

Улучшающе может влиять и горячее кондиционирование зерна, пораженного клопом-черепашкой, проводимое на мельничных предприятиях перед помолом.

Предлагалось также (Н. В. Роменский и др., 1960) проводить на мельнице мойку зерна, поврежденного клопом-черепашкой, хлорированной водой. В результате этого способа мойки зерна значительно снижалась его протеолитическая активность и заметно улучшались хлебопекарные свойства.

При гидротермической и СВЧ-обработке основой улучшения хлебопекарных свойств зерна было термическое воздействие на его белково-протеиновый комплекс, а в случае мойки зерна хлорированной водой — окислительное воздействие на этот комплекс.

Приготовление хлеба из муки, полученной из зерна, поврежденного клопом-черепашкой

Длительное хранение после помола муки из зерна, поврежденного клопом-черепашкой, существенно улучшает ее хлебопекарные свойства. Поэтому такую муку целесообразно использовать для приготовления хлеба после возможно длительной ее отлежки после помола.

Пневматическое перемещение такой муки, особенно с применением подогретого воздуха, также несколько улучшает ее хлебопекарные свойства. Еще более эффективен кратковременный (6 мин) прогрев муки в тонком слое инфракрасными лучами (МТИП, 1957).

Как указывалось выше, дефектность хлеба из муки, поврежденной клопом-черепашкой, обуславливается белково-протеиназным комплексом муки. Из этого вытекает, что наилучший хлеб из такой муки можно получить, применяя режим технологического процесса, способствующий инактивированию или хотя бы замедлению протеолиза и укреплению белковых веществ муки.

Какие факторы можно и нужно использовать для этой цели?

Сокращение длительности брожения и расстойки теста имеет большое значение при работе на муке из зерна, пораженного клопом-черепашкой. Чем короче процесс брожения теста, тем меньше длительность протеолиза и тем меньше ухудшаются структурно-механические свойства теста. Чем меньше время расстойки, тем менее расплывчатый получится подовый хлеб.

Термическая обработка также может быть эффективным средством для улучшения качества хлеба из зерна, пораженного клопом-черепашкой. Возможно использование и пониженных температур теста. Пониженная температура теста, как было указано, тормозит действие протеиназ теста.

Повышение кислотности теста резко тормозит протеолиз и улучшает структурно-механические свойства клейковины и теста.

Чтобы повысить кислотность теста, надо или готовить его из жидких дрожжей, или применять часть старой опары либо теста в качестве закваски, или добавлять молочную кислоту. Может этому способствовать и применение сброженных заварок. Кислотность пшеничного теста повышается, если приготовить его на специальных молочнокислых заквасках, в том числе и на КМКЗ.

В отдельных работах рекомендуется для повышения кислотности теста вносить в него пищевые органические кислоты и кислые фосфорнокислые соли.

Повышение количества поваренной соли в тесте, улучшая структурно-механические свойства теста, в известной мере повышает и качество хлеба из зерна, пораженного клопом-черепашкой.

В табл. 28 приводим результаты выпечки хлеба из муки, смолотой из поврежденного зерна, без введения соли в тесто и с добавлением 1,5 и 1,8% соли.

Таблица 28

Хлеб	Отношение Н:Д	Объем, см ³
Без соли	0,20	610
С 1,5% соли	0,28	620
С 1,8% соли	0,40	645

Добавление соли тормозит действие протеаз, вносимых в зерно клопом-черепашкой.

Рекомендуется в кислые части соли в фары, преимущественно в тесто.

Внесение в тесто ПАВ (фосфатного концентрата или препаратов, имеющих в основном лецитин) также способствует улучшению качества хлеба из муки, полученной из зерна, пораженного клопом-черепашкой.

Применение улучшителей окислительного действия (бромата калия, бодата калия, аскорбиновой кислоты, азоксикарбоната, пероксида азотона, персульфата аммония и др.) при переработке такой муки рекомендуется в ряде работ.

К способам окислительного воздействия на тесто из муки, полученной из зерна, поврежденного клопом-черепашкой, можно отнести улучшающее качество хлеба, являясь усиленным механическим воздействием на тесто при интенсивном замесе его в условиях доступа атмосферного кислорода, а также ферментный (диоксигеназный) способ улучшения качества хлеба.

Рекомендуются и различные сочетания улучшающих качество хлеба добавок: пониженного количества соли, препарата лецитина и лецитиновой кислоты; пероксида азотона и карбамиды и др.

Если на предприятии имеется также и сильная мука, то муку из зерна, пораженного клопом-черепашкой, следует употреблять в смеси с сильной мукой.

МУКА ИЗ ПРОРОЩЕГО ЗЕРНА

Неблагоприятные погодные условия (дожди) в период уборки урожая могут вызвать частичное прорастание заготовляемого зерна. Мука из пророщеного зерна существенно отличается по своим хлебопекарным свойствам и также может быть причиной дефектности хлеба.

Отличия в хлебопекарных свойствах муки из пророщеного зерна

Пшеничный хлеб из муки, смолотой из пророщеного зерна или зерна, содержащего часть проросших зерен, отличается следующими характерными свойствами: 1) корка хлеба имеет красновато-бурную окраску, напоминающую в этом отношении хлеб с большим содержанием сахара или хлеб, приготовленный с применением заварки; 2) мякиш хлеба липковатый, имеет пониженную эластичность и сладковатый («солодовый») вкус; 3) подовые изделия при значительной степени пророслости зерна имеют повышенную распыляемость.

Ржаной хлеб из пророщеного зерна также отличается более темнокорочневой коркой, замещающейся в липком мякише, при значительной степени пророслости зерна — иногда и пустотами в мякише и повышенной распыляемостью подового хлеба.

Изменяются и структурно-механические свойства теста. Тесто делается более слабым по консистенции и быстрее разжижается при брожении. Особенно заметно это проявляется в тесте из ржаной муки, смолотой из проросшего зерна.

Изменение состава и свойств зерна при его прорастании

Прорастание зерна пшеницы и ржи может происходить только при достаточно высокой его влажности (порядка 30—50%) и температуре выше 1—3°C.

Основой для процесса прорастания зерен пшеницы, ржи и других семян является резкое возрастание активности или образования ферментов, способных катализировать превращение высокомолекулярных запасных веществ эндосперма зерна (крахмала, белковых веществ, жира и пр.) в вещества более простые, легко растворимые и перемещаемые к зародышку, где они необходимы для построения тканей ростка и корешков новообразуемого растения и питания его в начальном периоде развития.

В результате этого в составе и свойствах прорастающего зерна происходят существенные изменения, в основном состоящие в следующем:

1) Повышается активность амилаз, ферментов, ферментативная атакуемость крахмала и содержание в зерне декстринов и сахаров. Содержание крахмала снижается.

Кинн, Миллер и Санштедт (1942 г.), исследовавшие влияние температур (5, 10, 15 и 20°C) и длительности (0, 0,5; 1; 3 и 5 сут) проращивания зерна пшеницы на активность α - и β -амилаз, установили, что:

а) активность общего количества β -амилаз изменяется в относительно узких пределах. В первые сутки прорастания она остается неизменной или незначительно возрастает. Незначительное нарастание активности наблюдается и при дальнейшем проращивании.

Активность свободной β -амилазы у исходного образца составляет немногим более одной трети (~37%) от активности общего ее количества. При проращивании зерна при 5°C активность свободной β -амилазы в первые сутки несколько (примерно на 8%) возрастает, а затем даже несколько снижается.

Более высокая температура проращивания (10—20°C) приводит уже к заметному возрастанию активности свободной β -амилазы, тем более быстрому и интенсивному, чем выше температура. Следует учесть, что в нормальном зерне пшеницы и пшеничной муке β -амилаза, как это отмечалось в главе III, содержится в практически избыточном количестве. Поэтому отмеченные выше изменения ее активности при прорастании зерна не оказывают существенного влияния на углеводный состав муки;

б) при проращивании зерна резко возрастает активность как свободной, так и всей α -амилазы. Это происходит тем быстрее и в тем большей степени, чем выше температура проращивания.

Так, например, при температуре проращивания 5°C активность всей (свободной и связанной) α -амилазы зерна возрастала: за 1 сут — в 1,9 раза; за 3 сут — в 18,6 раза и за 5 сут — в 94,6 раза. При температуре проращивания 15°C активность всей α -амилазы возрастала соответственно в 12,7; 94,2 и 564,0 раз. Уже через сутки проращивания вся или почти вся α -амилаза зерна находилась в свободном состоянии;

в) увеличение активности α -амилазы в прорастающем зерне начинается еще до появления на нем видимого глазом ростка,

Зерно, проращиваемое в течение 0,5 сут при 20°C, еще не имело ростка, а активность в нем свободной α -амилазы уже повысилась в 8,3 раза¹. В более поздней работе Геддеса, Диксона и Кроуфорда (1949 г.) также было показано резкое увеличение при проращивании зерна пшеницы активности α -амилазы, находящейся почти целиком в свободном состоянии. Общее количество β -амилазы возрастало незначительно, но увеличивалась ее доля, находящаяся в свободном состоянии.

Было установлено, что влажность проращиваемого зерна (35, 40 и 45%) также является фактором, в значительной мере влияющим на степень повышения активности α -амилазы. Так, например, активность свободной α -амилазы после 3 сут проращивания (при 16°C) зерна при влажности зерна 45% была в 4,3 раза больше, чем при влажности зерна 35%.

Было также показано, что именно нарастание активности α -амилазы в основном обуславливает соответствующее повышение газообразующей способности муки из проросшего зерна (коэффициент корреляции между численными значениями этих показателей был равен +0,964).

Резкое возрастание активности α -амилазы при проращивании зерна пшеницы и ржи установлено и в многочисленных работах других исследователей.

В ряде работ изучалась активность α -амилазы в разных частях прорастающего зерна.

Можно считать установленным, что наиболее высокая активность α -амилазы в зародышевой части зерна, особенно в щитке зародыша. Относительно высокая активность α -амилазы в периферической части зерна и его эндосперма. Наиболее низкая она в центральной части эндосперма и особенно в части его, расположенной в «верхней» половине зерна — с бородкой.

Представляет практический и теоретический интерес вопрос о том, в результате чего возрастает активность амилаз зерна при его проращивании.

Можно предполагать, что в непроросшем зерне часть амилаз находится в связанном состоянии («скрытом» в массе белка) и поэтому не проявляет своей активности. Дезагрегация белка зерна протеиназами, активность которых при проращивании повышается, высвобождает амилазы, переводя их в свободное и активное состояние. Именно на этом и основана методика определения активности свободных амилаз и общей активности амилаз в исходном и прорастающем зерне, применявшаяся в упоминавшихся выше работах.

В отношении β -амилазы, судя по данным этих работ (заметное возрастание активности свободной амилазы и малое изменение активности общего ее количества), это представление может более или менее удовлетворительно объяснить изменения, происходящие при проращивании зерна. Повышение же активности свободной α -амилазы и общего ее количества при проращивании зерна в сотни и тысячи раз не может быть объяснено только высвобождением фермента.

Н. И. Проскураков полагал, что повышение активности α - и β -амилаз при проращивании зерна обусловлено увеличением в них количества сульфгидрильных групп, от которых зависит активность этих ферментов.

¹ Отметим, что аналогичное явление установлено и для зерна ржи.

Однако количество этих групп за 4 дня прорастания увеличивается в препаратах этих амилаз примерно в 2 раза. Активность же α -амилазы, как было ранее отмечено, возрастает в несоизмеримо большее число раз. Очевидно, в повышении активности α -амилазы при прорастании зерна существенную роль играет и новообразование ее.

В работах последующих лет показало, что при прорастании зерна большая часть α -амилазы новообразуется при синтезе белка в алейроновом слое зерна. Отмечалось и то, что образование α -амилазы стимулируется гибберелловой кислотой, продуцируемой при этом в зародыше зерна. Указывается на то, что α -амилаза способна образовываться и в зародыше зерна.

Новообразование при прорастании амилазы в алейроновом слое и постепенное перемещение и в прилегающие слои эндосперма может хорошо объяснить повышенную активность α -амилазы в периферических слоях зерна.

Установлено, что, применяя гибберелловую кислоту как стимулятор, можно вызвать новообразование активной α -амилазы в части зерна, лишённой зародыша, т. е. независимо от процесса собственно прорастания зерна.

Установлено, что атакуемость крахмала зерна и муки в результате прорастания зерна повышается. Так, например, трехсуточное прорастание зерна ржи повышало атакуемость крахмала почти в 2 раза.

В результате повышения активности амилаз (в основном α -амилазы) и атакуемости крахмала прорастание зерна приводит к соответствующему повышению сахаро- и газообразующей способности муки из него.

Микроскопическое исследование процесса клейстеризации водно-мучных суспензий (А. Н. Харина, Г. М. Маслова, Л. Я. Ауэрман, 1969) показывает, что прорастание зерна ржи уменьшает стойкость его крахмала в процессе клейстеризации. Температура клейстеризации основной массы зерен крахмала сдвигается в сторону ее снижения.

При прорастании зерна повышается содержание в нем продуктов гидролиза крахмала — декстринов и сахаров. Поэтому прорастание зерна влечет за собой снижение содержания в нем крахмала.

2. Процесс прорастания зерна связан с изменением структурно-химических свойств эндосперма, обусловленным разрушением его клеточных структур под действием цитолитических ферментов.

Можно полагать, что процесс разрушения клеточных структур вызывается комплексом цитолитических ферментов, включающим по меньшей мере целлюлазу, гемицеллюлазу, гуанинфермент (спизергизирующий фермент) и пеллобазу.

Установлено, что при прорастании зерна злаков активность ферментов цитолитического комплекса возрастает.

И. С. Петрова и В. Л. Крестович (1954) показали, что при прорастании зерна ржи повышается активность ферментов, катализирующих гидролиз и деагрегацию высокомолекулярных пентозанов и так называемых связей (гуминических). Возрастание активности ферментов цитолитического комплекса прорастающего зерна, несомненно, является одним из факторов, вызывающих ухудшение структурно-механических свойств (разжижение) теста из муки, полученной из проросшего зерна.

Ослабляющее клейковину и тесто из пшеничной муки действие цитолитических ферментных препаратов установлено экспериментально.

3. При прорастании зерна весьма существенные изменения происходят и в его белково-протеиназном комплексе.

При прорастании зерна пшеницы резко возрастает активность протеиназы, глутатин-редуктазы и протени-дисульфидредуктазы. В клейковинных белках зерна происходит постепенное разрушение части водородных и дисульфидных связей.

Общее количество доступных определению —S—S—связей и —SH-групп увеличивается при уменьшении величины соотношения —S—S— : —SH.

Клейковинные белки в результате протеолиза сперва дезагрегируются, а затем частично расщепляются и по пептидным связям. Атакуемость их протениназой повышается.

Аминокислотный состав белков клейковины остается практически неизменным.

В результате этих процессов прорастание зерна пшеницы приводит к снижению количества отмываемой из него сырой и сухой клейковины и к изменению ее структурно-механических свойств в направлении ослабления — увеличивается растяжимость и распыляемость клейковины и снижается ее сопротивление деформациям. Это является, очевидно, основной причиной ухудшения структурно-механических свойств теста — его разжижения в процессе замеса и особенно последующего брожения.

При прорастании зерна ржи также увеличивается его протеолитическая активность, что наряду с возрастанием активности комплекса цитолитических ферментов и амилазы обуславливает сильное разжижение теста, приготовленного из муки, полученной из проросшего зерна.

Установлено, что при прорастании зерна пшеницы в росте зерна происходит биосинтез лукениновых кислот (РНК и ДНК).

Одновременно снижается содержание в зерне фитинового фосфора, продукты минерализации которого, очевидно, используются при синтезе нуклеиновых кислот.

Минерализация фосфора фитина вызывается действием фермента фитазы, активность которого при прорастании зерна резко возрастает.

Увеличивается при прорастании зерна и активность липазы. Поэтому при прорастании зерна кислотность жира резко увеличивается. Содержание жира в зародыше при этом резко снижается. При удалении из проросшего зерна (муки из него) жировой фракции происходило дополнительное ослабление клейковины.

Таким образом, при прорастании зерна во много раз повышается активность амилолитических, протеолитических и ряда других гидролитических и дезагрегирующих ферментов. Повышается и атакуемость субстрата, на который эти ферменты действуют.

В результате этого в проросшем зерне значительно увеличивается и общее содержание водорастворимых веществ как углеводной, так и белковой природы.

Комплекс описанных выше процессов и изменений, происходящих в зерне при его проращивании, обуславливает особенности в свойствах теста и хлеба из муки, полученной из проросшего зерна.

Пути улучшения хлебопекарных свойств проросшего зерна, муки из него и качества хлеба

Рожь культивируется в районах, в которых погодные условия в период уборки урожая чаще вызывают проращивание зерна, чем в районах культивирования пшеницы. Зерно ржи к тому же легче прорастает. Поэтому селекционеры отдельных стран работают над созданием сортов ржи, более устойчивых к проращиванию.

Прогрев увлажненного или естественно высоковлажного проросшего зерна является перспективным путем улучшения его биохимических и хлебопекарных свойств. Эффективность этого пути улучшения хлебопекарных свойств проросшего зерна ржи исследовалась и испытывалась во ВНИИХП (Т. С. Лурье и др.). В 1951 г. были опубликованы результаты лабораторных опытов, а в 1955 г. результаты производственных испытаний на мельнице № 1 в г. Калинин. На этой мельнице проросшее зерно ржи подвергалось на специальной установке гидротермической обработке (увлажнению водой и паром до влажности 23—25% и прогреву до 75—78°C в течение примерно 2 мин). После этой обработки зерно перед направлением его на помол должно быть подсушено до соответствующей влажности, для чего на данной мельнице имелась сушилка. Последующие производственные выпечки ржаного хлеба из муки, полученной из проросшего зерна, обработанного этим способом, подтвердили его эффективность.

Зерно прорастает лишь в условиях резко повышенной его влажности (35—50% и выше). При этой влажности проросшее зерно не может быть заложено на хранение без предварительной его сушки. Поэтому большой интерес представляет работа И. И. Люшильской и др. (МТИПП, 1955), установившим, что сушка проросшего зерна ржи при режиме с конечной температурой зерна 65—70°C может являться эффективным способом улучшения его биохимических и хлебопекарных свойств.

Установлено (МТИПП, 1959), что весьма кратковременный (8—10 мин) прогрев ржаной сеяной муки из проросшего зерна в топком (1 см) слое инфракрасными лучами также является весьма эффективным способом улучшения ее хлебопекарных свойств.

Рассматривая методы улучшения хлебопекарных свойств зерна пшеницы, поврежденного клопом-черепашкой, мы указали на перспективность разработанного в МТИПП (1981) способа СВЧ-обработки этого вида дефектного зерна. Еще более перспективна СВЧ-обработка проросшего зерна пшеницы. Проросшее зерно имеет высокую влажность и в хлебоприемных предприятиях перед закладкой на хранение должно высушиваться. СВЧ-обработка влажного проросшего зерна до его сушки не только улучшает его хлебопекарные свойства, но и резко снижает его влажность. Это значительно ускоряет процесс его досушивания и соответственно сокращает затраты энергии на этот процесс.

В процессе проведения помола проросшего зерна хлебопекарные его свойства также могут быть улучшены либо путем отделения зародышевой части зерна, либо путем отделения в процессе помола отдельных промежуточных фракций, имеющих наиболее высокую активность α -амилазы.

Наибольший интерес для работников хлебопекарной промышленности представляют, однако, мероприятия, улучшающие качество хлеба, выпекаемого из муки из проросшего зерна, которые могут осуществляться непосредственно на хлебозаводе. К этим мероприятиям можно отнести:

а) применение муки из проросшего зерна в смеси с нормальной в этом отношении мукой или, что еще лучше, с мукой, имеющей пониженную сахаро- и газообразующую способность;

б) повышение кислотности теста, снижающее температуру инактивации α -амилазы при выпечке хлеба, а также активность протеиназы в тесте;

в) применение улучшителей окислительного действия, например бромата калия, в сочетании с добавками молочной кислоты или форсированием кислотонакопления в тесте (молочнокислые закваски, внесение части спелого теста прошлого приготовления). Внесение улучшителя окислительного действия снижает активность α -амилазы (окисление активных —SH-групп в ее структуре) и интенсивность протеолиза в тесте;

г) увеличение количества поваренной соли, вносимой при приготовлении теста, также улучшает качество хлеба из муки, полученной из частично проросшего зерна. Это обусловлено торможением амилализа и протеолиза в тесте, снижением атакемости крахмала и повышением температуры его клейстеризации.

Естественно, что речь может идти об увеличении дозировки соли в пределах, допустимых с точки зрения вкуса хлеба и тормозящего влияния соли на интенсивность брожения в тесте.

МУКА ИЗ МОРОЗОБОЙНОГО ЗЕРНА

В северных и северо-восточных районах СССР иногда зерно пшеницы еще до уборки (на корню) повреждается морозом, в результате чего становится щуплым и слегка морщинистым. Хлеб из такого зерна отличается специфическим солодовым вкусом и темным, замаливающимся и липким мякишем.

Установлено, что мука из морозобойного зерна характеризуется повышенной кислотностью, повышенной сахарообразующей и особенно декстринообразующей способностью, повышенной протеолитической активностью, несколько большим содержанием общего азота и увеличенным количеством водорастворимого азота, сниженным содержанием хлорофилла при пониженной вязкости и растяжимости ее.

Такие свойства морозобойного зерна обусловлены тем, что воздействие мороза как бы приостанавливает развитие зерна на стадии неполной его спелости. Чем на более ранней стадии созревания зерна оно подвергалось действию мороза, тем выше степень его дефектности.

При переработке муки из морозобойного зерна следует применять примерно тот же технологический режим, что и при переработке муки из проросшего зерна. Основным мероприятием должно быть повышение кислотности теста, снижающее декстринизирующий эффект α -амилазы. Для достижения этого тесто следует готовить на жидких дрожжах, добавляя часть спелого теста предыдущего приготовления, или на специальных молочнокислых заквасках.

МУКА НЕПОЛНОЦЕННАЯ ИЛИ ДЕФЕКТНАЯ ПО ДРУГИМ ПРИЧИНАМ

При работе на «несозревший» муке и муке с недостаточной газообразующей способностью необходимо при составлении смеси сочетать такие партии муки, в которых недостатки одних перекрываются бы достоинствами других. Кроме того, при работе на несозревающей муке можно применять окислительные улучшители, форсирующие процесс созревания муки.

При выпечке хлеба из муки с недостаточной газообразующей способностью следует прибавлять к тесту закваску или сахар, или соответствующие солодовые препараты, или, наконец, даже некоторый процент муки из проросшего зерна.

Мука из зерна пшеницы, подвергшегося сушке при недопустимо высокой температуре, также дефектна в хлебопекарном отношении. Как показали исследования, такая мука характеризуется пониженным количеством отмываемой клейковины, пониженной ее влагоемкостью и резко измененными свойствами.

Клейковина утрачивает способность образовывать связный гомотетный комок, становится губчатой, а при значительной степени перегрева зерна — крошащейся. Способность клейковины к растяжению и расплыванию резко снижается. Перечисленные изменения свойств клейковины объясняются значительной тепловой денатурацией белков зерна и почти полным тепловым инактивированием протеиназы.

Активность амилаз зерна при этом снижается весьма незначительно.

Для хлеба из такой муки характерен резко пониженный объем, малоразвитая и толстостенная пористость. Цвет корки хлеба очень бледный, несмотря на мало изменившуюся активность амилаз и практически неизменное содержание сахара в корке. Выше уже отмечалось, что это объясняется практически полной инактивацией протеиназ зерна и отсутствием в тесте продуктов протеолиза, которые могли бы в корке хлеба, взаимодействуя с восстанавливающимися сахарами, образовывать меланоидины.

Подовые хлебцы из такой муки малорасплывчатые и также имеют пониженный объем и бледноокрашенную корку.

При приготовлении теста из такой муки рекомендуется увеличивать влажность опары и долю муки в ней, применять (в заквасках или жидких дрожжах) закваски с активным белым солодом, увеличивать длительность брожения опары, вносить часть соли в фазы, предшествующие тесту, а также добавлять непатогенные ПАВ и микробные ферментные препараты.

ДЕФЕКТЫ ХЛЕБА, ВЫЗВАННЫЕ НЕПРАВИЛЬНЫМ ПРОВЕДЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

ДЕФЕКТЫ ХЛЕБА, ВЫЗВАННЫЕ НЕПРАВИЛЬНЫМ ПРИГОТОВЛЕНИЕМ ТЕСТА

Дефекты хлеба могут быть вызваны рядом отклонений от оптимального режима и нормальной техники приготовления теста.

Неправильная или неточная дозировка муки, воды, соли, дрожжей или дополнительного сырья соответственно влияет на качество хлеба.

Укажем в качестве примера, что отклонение влажности теста от величины, определенной расчетом для данного сорта хлеба, вызываемое неправильной или неточной дозировкой муки и воды, сказывается не только на ходе процесса приготовления хлеба, но и на его качестве. Повышенная влажность теста может вызвать чрезмерную расплываемость подовых изделий и замниваемость мякиша, не говоря уже о том, что с повышением влажности хлеба снижается его энергетическая ценность. Заниженная влажность теста может привести к получению хлеба недостаточного объема, с плотным, сухим на ощупь, слабо разрыхленным мякишем. Такой хлеб черствеет быстрее.

Недостаточный промес теста может привести к наличию в мякише хлеба комочков непромешанной муки. Это может быть следствием либо недостаточной длительности замеса теста, либо неудовлетворительного технического состояния тестопротравительного оборудования. Так, например, деформация деж или неправильная их внутренняя конфигурация может привести к тому, что и при нормальной длительности замеса на дне дежи будет оставаться слой непромешанной муки.

Чрезмерная длительность замеса теста из слабой пшеничной муки может резко ухудшить структурно-механические свойства теста и привести к получению хлеба недостаточного объема, очень располывчатого при выпечке на поду.

Отклонения от заданной оптимальной температуры теста влияют на интенсивность брожения теста и его структурно-механические свойства, а в связи с этим и на качество хлеба.

Повышенная температура теста вызывает чрезмерно интенсивное его брожение. В результате тесто к моменту выпечки может содержать количество сахаров, недостаточное для нормального окра-

шивания корки. Кислотность такого хлеба окажется повышенной, и хлеб по этому показателю может быть нестандартным.

Эти же дефекты качества хлеба могут быть результатом чрезмерно длительного брожения теста, имевшего нормальную температуру.

Пониженная температура или недостаточная длительность брожения теста приводит к тому, что оно идет на разделку и затем на выпечку недостаточно выброженным. В этом случае хлеб может иметь нормально или интенсивно окрашенную корку с характерными темноокрашенными вздутиями (пузырями). Мякиш такого хлеба будет иметь недостаточную кислотность и «дрожжевой» привкус и может быть заминающимся и липковатым. На хлебе из недоброброженного («моложавого») теста часто наблюдаются подрывы и трещины корки.

Образование высохшего слоя на поверхности теста в процессе брожения может произойти при низкой относительной влажности воздуха. В мякише хлеба, выпеченного из такого теста, могут попадаться участки (слои или полосы) более плотные и темные по сравнению с остальными мякишем.

Недостаточная обминка теста может быть причиной пониженного объема и неравномерной пористости мякиша. Чрезмерная обминка теста, особенно из слабой муки, ухудшает структурно-механические свойства теста и может привести к получению хлеба пониженного объема, а в случае выпечки на поду — повышенной расплывчатости.

ДЕФЕКТЫ ХЛЕБА, ВЫЗВАННЫЕ НЕПРАВИЛЬНОЙ РАЗДЕЛКОЙ ТЕСТА

Недостаточная механическая проработка пшеничного теста при его округлении и закатке может привести к получению хлеба с неравномерной пористостью мякиша, с отдельными крупными порами или даже пустотами (полостями расслоения).

Отсутствие операции округления при изготовлении булочных изделий из пшеничной сортовой муки обуславливает повышенный объем готовых изделий и недостаточно мелкую и равномерную пористость их мякиша.

Неправильная форма кусков теста после заката или иной завершающей операции формирования неизбежно скажется и на форме хлеба или хлебного изделия.

Очень резко влияет на качество хлеба избыточная или недостаточная длительность расстойки или недостаточная относительная влажность воздуха, в среде которого она происходит (см. главу VII).

ДЕФЕКТЫ ХЛЕБА, ВЫЗВАННЫЕ НЕПРАВИЛЬНОЙ ВЫПЕЧКОЙ

Увеличенная длительность выпечки может привести к получению хлеба с чрезмерно толстой и темноокрашенной (горелой) коркой. При недостаточной длительности выпечки хлеб получается с

заминающимся и влажноватым на ощупь («сыропеклым») мякишем. Слишком высокая температура выпечки может привести к получению хлеба либо с очень толстой и темноокрашенной коркой, либо с нормальной коркой, но недостаточно пропеченного, с заминающимся мякишем. Низкая температура выпечки является причиной получения хлеба с непропеченным мякишем и бледноокрашенной коркой. Подовые изделия при этом могут быть излишне расплывчатыми.

Недостаточное увлажнение в первой фазе выпечки может привести к получению хлеба с матовой, неглянцевитой («седой») коркой, с подрывами и трещинами.

Попадание в этой фазе выпечки капель воды на поверхность ВТЗ может быть причиной темноокрашенных пятен, а иногда и вздутий — пузырей на поверхности корки.

Слишком близкая рассадка тестовых заготовок на поду (или подликах люлек) приводит к появлению на боковых корках «при-тисков» (участков без корки в местах соединения двух расплывшихся ВТЗ), или «выплывов» мякиша, или бледноокрашенных участков боковых корок.

Неравномерное тепловое напряжение по ширине пода (или длине люльки) приводит к получению изделий с весьма неравномерной окраской, разной толщиной корки и разным объемом.

ДЕФЕКТЫ ХЛЕБА, ВЫЗВАННЫЕ НЕПРАВИЛЬНЫМ ЕГО ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ И ХРАНЕНИЕМ ПОСЛЕ ВЫПЕЧКИ

На значительном количестве хлебозаводов хлеб перемещается от печей к циркуляционным столам по ленточным транспортерам и спускам. При этом иногда можно наблюдать, что при переходе с одного транспортера на другой или при прохождении по спускам хлеб механически повреждается.

В ржаном формовом хлебе иногда у нижней корки наблюдается «закал» (слой уплотненного беспористого мякиша). Как показали наблюдения, проведенные на ленинградских хлебозаводах, основной причиной появления этого дефекта хлеба является механическая деформация (сжатие и уплотнение) слоя мякиша, расположенного около корки, в процессе перемещения хлеба по транспортерам и спускам и при укладке и хранении горячего хлеба на полках вагонеток или лотках.

Практикуемая на отдельных хлебозаводах укладка горячего хлеба в ящики со сплошными стенками и ящиков с горячим хлебом на вагонетки-платформы или в штабеля приводит к тому, что влажность корки хлеба очень быстро повышается и корка быстро теряет ценную для потребителя хрупкость. То же наблюдается и при укладке горячего хлеба на стеллажи вплотную один к другому или в несколько слоев по высоте.

В последнем случае обычно наблюдается также деформация нижнего ряда хлеба.

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЧИН ДЕФЕКТОВ КАЧЕСТВА ХЛЕБА

Зная научные основы технологического процесса приготовления хлеба, можно с достаточной достоверностью предвидеть, как то или иное отклонение от нормального хода процесса скажется на качестве хлеба.

Значительно труднее по тому или иному дефекту в качестве хлеба определить, какая причина вызвала в данном конкретном случае этот дефект хлеба. Объясняется это тем, что каждый из дефектов качества хлеба может иметь ряд причин.

Так, например, чрезмерная распыляемость пшеничного подового хлебного изделия может быть следствием таких причин: слабой муки, повышенной влажности теста, чрезмерной длительности брожения теста, низкого качества дрожжей, выделяющих в тесто значительное количество глютамина, излишней длительности расстойки или чрезмерно высокой температуры и влажности воздуха при расстойке, низкой температуры среды пекарной камеры и др.

Для любого дефекта качества хлеба возможен по меньшей мере ряд причин, которые могут его вызвать. Поэтому при установлении причин дефектности хлеба в каждом отдельном случае необходимо сначала перечислить все возможные причины данного дефекта, а потом уже уточнять, восстанавливая характеристику качества сырья и режим ведения всех фаз технологического процесса, что явилось причиной дефектности хлеба в данном случае.

БОЛЕЗНИ ХЛЕБА

Наиболее распространенными болезнями хлеба следует считать картофельную болезнь и плесневение.

КАРТОФЕЛЬНАЯ БОЛЕЗнь ХЛЕБА

Картофельная, или, как ее еще иногда называют, «тягучая» болезнь хлеба выражается в том, что мякиш хлеба под действием микроорганизмов, вызывающих эту болезнь, делается тягучим (при разломе даже черствого хлеба такой мякиш тянется слизистыми, очень тонкими, паутинкообразными нитями) и приобретает резкий, весьма специфический неприятный запах и вкус. Возбудителями этой болезни являются споровые микроорганизмы, относящиеся к виду *Bacillus mesentericus* (картофельная палочка), и микроорганизмы вида *Bacillus subtilis* (сенная палочка). Эти микроорганизмы широко распространены в природе (в воздухе, на почве, на растениях) и встречаются в том или ином количестве на всяком зерне и в любой муке.

Они имеют вид палочек с длиной у картофельной палочки 1,5—5 мкм, у сенной палочки 1,5—3,5 мкм и толщиной, соответственно равной 0,6 и 0,7 мкм.

Оба вида этих микроорганизмов образуют споры, весьма устойчивые при повышении температуры среды. Установлено, что они погибают при 100°C через 6 ч, при 113°C — через 45 мин, при 125°C — через 10 мин, а при 130°C — мгновенно. Поэтому эти споры хорошо переносят прогрев ВТЗ, сохраняя в мякише хлеба свою жизнеспособность.

Оптимальная температура для развития картофельной палочки — от 37 до 40°C, а сенной палочки — от 35 до 50°C. Однако картофельная палочка хорошо развивается и при 30°C. Сенная палочка в этих температурных условиях развивается хуже. И картофельная, и сенная палочки чувствительны к повышению кислотности среды. Оптимальна для них зона pH от 5 до 10.

Для размножения и активной жизнедеятельности этих микроорганизмов оптимальной является температура от 35 до 40—50°C. Поэтому заболевание хлеба картофельной болезнью происходит почти исключительно в жаркое время года.

Было установлено, что снижение температуры хранения хлеба с 37 до 25°C значительно (на 24—30 ч) задерживало его заболевание. Хранение же хлеба при 16°C практически полностью предотвращало его заболевание. Повышенная влажность хлеба является фактором, ускоряющим заболевание хлеба картофельной болезнью.

Картофельная палочка обладает комплексом активных амилотических (в том числе α -амилолитических) и протеолитических (протениназа, полипептидаза, дипептидаза) ферментов, действие которых и вызывает отмеченные выше специфические изменения мякиша хлеба при заболевании его картофельной болезнью.

Специфический вкус и запах хлеба, пораженного картофельной болезнью, приписывают продуктам глубокого протеолиза белковых веществ мякиша.

Ранее полагали, что протениназа картофельной палочки относится к типу пептиназ, которые могут ингибироваться окислителями. В связи с этим предлагалось внесение в тесто улучшителей окислительного действия с целью предотвращения заболевания хлеба картофельной болезнью. Позднее исследованиями было установлено, что протениназа картофельной палочки не относится к пептиназам и поэтому добавление в тесто бромата калия или других улучшителей окислительного действия не предотвращает заболевания хлеба.

Протениназа картофельной и сенной палочки активна в широком диапазоне pH — от 5 до 10 — и имеет максимум активности при pH 7—9.

Кислотность хлеба является фактором, обуславливающим возможность и быстроту заболевания хлеба картофельной болезнью. При pH ниже 4,8—5 заболевание хлеба практически не возникает. Поэтому повышение кислотности теста и является одним из основных путей борьбы с картофельной болезнью хлеба. По этой причине не наблюдалось случаев заболевания хлеба из ржаной обойной муки, имеющего кислотность до 12 град.

Изучение изменений коллоидных свойств мякиша, происходящих при заболевании хлеба, показало, что повышается гидрофиль-

кость коллоидов мякиша, их набухаемость и растворимость. Особенно неприятным у хлеба, пораженного картофельной болезнью, является специфический и неприятный вкус и запах. Поэтому очень важен вопрос о том, какие вещества, образующиеся в мякише при заболевании хлеба, вызывают эти изменения.

В некоторых работах этого направления исследовалось накопление в мякише заболевшего хлеба отдельных карбоновых соединений. Исходя из полученных данных, полагают, что появление неприятного запаха связано с резким увеличением содержания в мякише диацетата. Допускают, что нарастание при этом содержания изовалерианового альдегида также может играть известную роль.

Степень зараженности муки микроорганизмами группы *Vac. mesentericus* и *Vac. subtilis* и их спорами может определяться следующими методами:

- 1) пробной выпечкой с последующим хранением хлеба в условиях, оптимальных для развития картофельной болезни;
- 2) по изменению отдельных показателей гидрофильных свойств муки и хлеба;
- 3) по изменению содержания водорастворимых веществ по биуретовой реакции и реакции обесцвечивания йода;
- 4) люминесцентным анализом хлеба;
- 5) серодиагностическими методами, основанным на капельной агглютинации;
- 6) определением в муке количества клеток картофельной и сенной палочки и ее спор микробиологическими методами.

Наибольшее практическое применение находит метод пробной выпечки. Чем раньше заболевает хлеб, хранящийся в условиях (температура и относительная влажность воздуха), оптимальных для развития картофельной болезни, тем выше степень зараженности муки.

Несомненно, интересен разработанный в КТИППе (И. М. Ройтер, Н. И. Берзана, 1961) ускоренный метод экспресс-выпечки колобков теста из исследуемой муки влажностью 46% с добавлением в качестве разрыхлителя 0,5% гидрокарбоната натрия (при этом рН теста 8—8,2) и прогревом колобков при выпечке лишь до 80—85°C в центре их мякиша. Этот метод требует термостатирования выпеченных колобков (при 37°C) в течение только 14 ч.

Предотвращение заболевания пшеничного хлеба из сортовой муки картофельной болезнью, особенно в жаркое летнее время, является одной из актуальных задач.

Наиболее эффективными путями ее разрешения являются следующие:

- а) повышение конечной кислотности теста путем применения молочнокислых заквасок, жидких дрожжей, части спелого теста (или опары) прошлого приготовления или внесение в тесто соответствующего количества молочной или уксусной кислоты. Ограничивают применение этого пути нормы кислотности хлеба и хлебных изделий, установленные в соответствующих стан-

дартах. В этих случаях используют повышение кислотности на 1 град сверх установленной нормы, допускаемое стандартами для хлеба, тесто для которого готовится на жидких дрожжах.

Установлено, однако, что при значительной зараженности муки картофельной палочкой повышение кислотности хлеба на 1 град лишь задерживает, но не предотвращает его заболевание;

- б) добавление в тесто уксусной кислоты и ацетата кальция в количестве соответственно 0,1 и 0,2% к массе муки.

В США для предотвращения заболевания хлеба картофельной болезнью рекомендуется добавлять не более 0,32% прописата натрия или 0,4% диацетата натрия, или 0,75% монофосфата кальция;

- в) при выработке пшеничного хлеба из сортовой пшеничной муки в летнее время предотвращение вторичной переработки черствого хлеба или сахарной муки из пшеничного хлеба, высушенного при температуре ниже 80°C. Эти продукты могут быть как бы концентратом культуры картофельной и сенной палочки;

- г) в летнее время систематический контроль за зараженностью сортовой пшеничной муки картофельной и сенной палочкой с применением метода пробной выпечки или ускоренной экспресс-выпечки.

Партии сильно зараженной муки следует направлять на выработку хлеба или хлебных изделий с кислотностью не ниже 4—6 град или перерабатывать в смеси с минимально зараженной мукой;

- д) снижение температуры в хлебохранилище и максимальное усиление его вентиляции;

- е) дезинфекция лотков, заговеток и стеллажей, на которых хранился хлеб, зараженный картофельной болезнью, а в случае необходимости и другого оборудования в соответствии с инструкцией Госсанинспекции СССР по предупреждению картофельной болезни хлеба. Для этой цели может быть использован и бактерицидный эффект ультрафиолетового облучения отдельно или в сочетании с обработкой 1%-ным раствором соляной кислоты.

Отметим, что Казгипропишпром, работая над совершенствованием и интенсификацией процесса приготовления теста для пшеничного хлеба из сортовой муки, учитывал и задачу предотвращения заболевания этого хлеба картофельной болезнью.

С учетом этой задачи был разработан способ приготовления пшеничного теста на закваске из культуры мезофильных молочнокислых бактерий *L. fermenti*, штамм 27, имеющих такой же температурный оптимум, как и возбудители картофельной болезни¹.

¹ Подробнее см. в обзорной информации «Интенсификация приготовления пшеничного хлеба молочнокислой закваской» (Ю. П. Ельцова, И. М. Ройтер, А. В. Витаская и др.). — М.: ЦНИИТЭпишпром, сер. 14, вып. 4, 1979, с. 1—28.

Опыт работы хлебопекарных предприятий Алма-Аты показал целесообразность и эффективность применения заквасок мезофильных бактерий *L. fermenti* 27 при производстве пшеничного хлеба из теста, приготавливаемого как на жидких, так и на прессованных дрожжах.

В связи с применением молочнокислых заквасок получено разрешение Госстандарта СССР на повышение при этом кислотности хлеба на один градус.

Работами, проведенными во ВНИИХПе и на московском хлебо-заводе № 22 (см. журнал «Хлебопекарная и кондитерская промышленность», 1981, № 9, с. 32—33), установлено, что применение концентрированной молочнокислой закваски (КМКЗ), приготовленной на чистой культуре *L. plantarum* 30, при производстве теста для саратовского калача ускоренным способом также предотвращает заболевание этого хлеба картофельной болезнью.

ПЛЕСНЕВЕНИЕ ХЛЕБА

При хранении в условиях, благоприятных для развития плесеней, хлеб может плесневеть. Чаще всего плесневение хлеба и хлебных изделий вызывается грибами *Aspergillus* (*Asp. flavus*, *Asp. fumigatus*, *Asp. glaucus*, *Asp. nidulans*, *Asp. niger*); *Penicillium* (*P. crustaceum*, *P. olivaceum*); *Rhizopus nigricans*; *Mucor pusillus*; *Oospora variabilis* и *Monilia candida*.

Плесневые грибы широко распространены в природе, поэтому зерно и мука всегда содержат известное их количество. Однако при прогреве ВТЗ в процессе выпечки плесневые грибы и их споры полностью отмирают. Поэтому наличие плесневых грибов в муке не является причиной возможного плесневения хлеба.

Плесневение хлеба вызывается попаданием плесеней и их спор на уже выпеченный хлеб. Как показали исследования, воздух в помещениях хлебопекарных предприятий и в их хлебохранилищах содержит весьма значительные количества спор плесеней (от 60 до 17000 спор на 1 м³ воздуха). Было установлено, например, что на одном из хлебозаводов на 100 см² площади поверхности хлеба за 1 ч его хранения после выпечки «оседало» в среднем около 160 спор плесневых и дрожжевых грибов.

Таким образом, заражение выпеченного хлеба спорами плесневых грибов вполне возможно. Для того чтобы плесневение хлеба произошло, необходимо наличие соответствующих условий, благоприятных для развития плесеней.

Полагают, что развитие и рост плесеней возможны при температуре от 5 до примерно 50°C. С этой точки зрения лишь хранение хлеба или хлебных изделий в замороженном состоянии исключает возможность их плесневения, так же как и развитие в них картофельной болезни.

Повышенная относительная влажность воздуха, в атмосфере которого хранится хлеб, особенно благоприятствует развитию плесени.

С точки зрения возможного плесневения большое значение имеют и свойства хлеба и хлебных изделий. Существенной является влажность продукта. В этом отношении мякиш, имеющий влажность в пределах от 40 до 50%, является более благоприятной средой для развития плесени, чем корка, имеющая значительно меньшую влажность. Поэтому плесневение мякиша обычно начинается с мест, прилегающих к трещинам или разрывам в корке или к участкам с наиболее тонкой и недостаточно обезвоженной корочкой.

Кислотность продукта также является фактором, влияющим на возможность и степень роста в нем микроорганизмов. Однако оптимальным для развития плесневых и дрожжевых грибов является рН продукта в пределах от 4,5 до 5,5. Поэтому кислотность хлеба и хлебных изделий не ограничивает развитие в них плесени. Установлено, что завертывание хлеба в обычные пленочные упаковочные материалы, приводящее к более быстрому нарастанию влажности корки хлеба, также является фактором, способствующим возможному его плесневению.

Хлеб, упакованный в пленку в нарезанном на ломти виде, в наибольшей степени подвержен опасности плесневения. Уже в процессе резки хлеба споры плесневых грибов неизбежно попадают на мякиш хлеба, являющийся наиболее благоприятной средой для их развития.

Наибольшее практическое значение предотвращение плесневения хлеба и хлебных изделий имеет для тех их видов, которые предназначены для длительного хранения, исчисляемого днями, неделями, а для специальных видов хлеба — месяцами и даже годами.

Хлеб, предназначенный для длительного хранения, нужен участникам экспедиций, работникам лесоразработок, геологических партий, экипажей кораблей рыболовного флота и другим специальным контингентам.

В связи с этим мероприятия по предотвращению плесневения хлеба различны в зависимости от выпуска его в неупакованном или упакованном виде и длительности предполагаемого хранения.

Для обычного хлеба и хлебобулочных изделий, выпускаемых в незавернутом виде, основным является снижение зараженности спорами плесеней воздуха производственных помещений и хлебохранилища, а также оборудования и инвентаря, на котором хранится и транспортируется готовая продукция. Для этого необходимо соблюдение максимальной чистоты в производственных помещениях, борьба с запылением воздуха и хорошая вентиляция, особенно в хлебохранилище. Оборудование и инвентарь, используемые при хранении и транспортировании готовой продукции, должны содержаться в хорошо очищенном состоянии, промываться и периодически дезинфицироваться (см. выше — в разделе о картофельной болезни хлеба).

Эти мероприятия будут эффективны лишь в случае проведения

их и в торговых предприятиях, через которые производится продажа хлеба и хлебных изделий.

Широко исследуются и вопросы, связанные с применением для борьбы с плесневением хлеба разных видов его облучения (ультрафиолетового, инфракрасного, микроволнового, гамма-облучения и др.). Однако в практике хлебопекарного производства эти методы не нашли еще широкого применения.

Плесневение хлеба, рассчитанного на более или менее длительное хранение, может быть предотвращено или на определенное время задержано следующими путями и способами:

а) внесение в тесто химических консервантов применяется в ряде стран. Исследовалось применение для этой цели ряда солей пропионовой и уксусной кислот, а также и пропионовой, сорбиновой и некоторых других органических кислот.

Естественно, что речь может идти о применении химических консервантов, безвредных в пищевом отношении и разрешенных для внесения в хлеб соответствующими органами.

Наиболее распространено применение для этой цели пропionата кальция или пиктата. В США разрешено внесение их в количестве до 0,32% в хлеб из пшеничной сортовой муки и до 0,36% в хлеб из муки телячьей обдирки.

В ГДР разрешено применение только пропionата кальция в количестве до 0,4% к массе муки. При таких дозировках эти соли лишь задерживают (не более чем на 9 сут после выпечки) начало плесневения хлеба.

Более высокие же дозировки заметно тормозят брожение в тесте, снижают объем хлеба и придают ему специфический неприятный привкус. Поэтому применение указанных солей пропионовой кислоты эффективно лишь для хлеба, рассчитанного на небольшую длительность хранения.

б) заворачивание хлеба (целого или нарезанного на ломти) в герметическую влагопроницаемую термостойкую пленку с последующей тепловой стерилизацией прогревом до температуры 85—90°C в центре хлеба. Этот путь позволяет получить хлеб, не плесневеющий, по меньшей мере, в течение ряда месяцев;

в) стерилизация поверхности хлеба 96%-ным спиртом и последующая одиночная или групповая герметическая упаковка в соответствующие пленочные материалы или специальные коробки. Этим путем плесневение хлеба может быть задержано на 2—6 нед;

г) заворачивание хлеба в бумагу или пленки, пропитанные сорбиновой кислотой с последующей герметической упаковкой.

Этот метод обеспечивает хранение хлеба без плесневения в течение 4—6 мес.

Для весьма длительного хранения хлеб может производиться с применением расстойки и выпечки в консервных жестяных банках с закаткой их сразу же после выпечки. Здесь термическая стерилизация продукта и тары происходит в процессе выпечки.

Предотвращение плесневения хлеба необходимо также и в связи с возможным образованием и накоплением в нем микотоксинов (афлатоксинов).

ДРУГИЕ БОЛЕЗНИ ХЛЕБА

Известны такие болезни хлеба, как меловая болезнь и появление на хлебе красных пятен, также вызываемые соответствующими микроорганизмами. В связи с тем что случаи этих болезней хлеба крайне редки, ниже приведена лишь весьма краткая их характеристика.

Меловая болезнь хлеба вызывается развитием на хлебе, обычно на мякише, грибов *Endomyces fibuliger* или *Monilia variabilis* в виде образований — пятен или меловидного налета белого цвета.

Появление на хлебе красных пятен вызывается развитием в мякише пшеничного хлеба бактерий *Micrococcus prodigiosus* с образованием в мякише участков, окрашенных в ярко-красный цвет. Сами клетки этой бактерии бесцветны. Окрашивание же мякиша обусловлено красящим веществом (продигиозином), выделяемым ими в окружающую среду. Оптимальная температура для развития этой бактерии лежит около 25°C. Поэтому весьма редкие случаи такого окрашивания мякиша пшеничного хлеба наблюдались преимущественно летом.

Причиной появления красных пятен в хлебе может быть и развитие грибных микроорганизмов *Oldum auranticum* и др.

Глава XIII

Ассортимент хлеба и хлебных изделий

В ассортимент продукции хлебопекарной промышленности входят различные виды хлеба, хлебобулочных, сдобных, бараночных и сухарных изделий, а также национальные и лечебно-диетические хлебные изделия.

Перечисленные группы хлебных изделий включают сотни их наименований и разновидностей.

В учебнике по технологии хлебопекарного производства невозможно и нецелесообразно приведение рецептов и описание приготовления множества отдельных разновидностей хлеба и хлебобулочных изделий. Эти материалы приводятся в сборниках рецептов и технологических инструкций [35], в справочнике [30], в специальной литературе и практических пособиях по производству отдельных видов хлеба, булочных, сдобных, бараночных, сухарных¹ и других видов хлебных и хлебобулочных изделий.

В связи с этим мы ограничимся здесь лишь весьма кратким описанием отдельных групп ассортимента хлебопекарной продукции и специфики технологического процесса производства бараночных изделий, сдобных и простых сухарей.

¹ Ильинский Н. А., Ильинская Т. Н. Производство сухарных изделий. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982 — 206 с.

ХЛЕБ РЖАНОЙ ИЗ ОБОЙНОЙ МУКИ

Хлеб ржаной из обойной муки может производиться формовым или подовым, весовым или штучным.

Помимо хлеба ржаного простого из ржаной обойной муки готовятся и такие улучшенные сорта, как хлеб ржаной заварной — с 5% ферментированного (красного) ржаного солода и 0,1% тмина, хлеб ржаной московский — с 7% красного ржаного солода и 0,1% тмина и хлеб бородинский — из 80% муки ржаной обойной и 15% пшеничной II сорта с 5% красного ржаного солода, 6% сахара, 4% патоки и 0,5% кориандра.

ХЛЕБ РЖАНОЙ ИЗ ОБДИРНОЙ И СЕЯНОЙ МУКИ

Эта группа разновидностей хлеба включает также и такие, которые готовятся с заменой части ржаной муки на пшеничную.

Из одной ржаной муки готовятся хлеб из ржаной обдирной муки — подовый или формовой, весовой или штучный, и хлеб пекле-ванный из сеяной муки — подовый или формовой, весовой или штучный.

Из смеси ржаной и пшеничной муки производят хлеб украинский — подовый, весовой и штучный, из 20—80% муки обдирной и соответственно 80—20% муки пшеничной обойной и хлеб украинский новый — из муки ржаной обдирной и пшеничной II сорта.

К этой же группе относятся: хлеб минский — подовый, весовой и штучный из 90% ржаной сеяной муки и 10% пшеничной I сорта с 2% патоки и в случае приготовления на заварке — 2% неферментированного (белого) ржаного солода; хлеб рижский — подовый, штучный в виде батонов, из 85% ржаной сеяной муки, 10% пшеничной муки I сорта, 5% неферментированного белого ржаного солода и 0,4% тмина, с приготовлением на сброженной заварке; хлеб каунасский — подовый, весовой, из 92% ржаной обдирной муки, 5% пшеничной муки II сорта, 3% красного ржаного солода и 0,4% тмина и хлеб прловский — формовой, штучный, из 70% ржаной обдирной муки, 30% муки пшеничной II сорта и 6% патоки.

ХЛЕБ РЖАНО-ПШЕНИЧНЫЙ И ПШЕНИЧНО-РЖАНОЙ ИЗ ОБОЙНОЙ МУКИ

Хлеб ржано-пшеничный готовится подовым и формовым, весовым и штучным, из 60% ржаной и 40% пшеничной обойной муки, а хлеб пшенично-ржаной, наоборот, — из 60% пшеничной и 40% ржаной обойной муки. Рецептуры предусматривают и производство ржано-пшеничного заварного хлеба с 5% красного ржаного солода.

Общие основы технологии ржаного и ржано-пшеничного хлеба изложены в главе VI.

ХЛЕБ ПШЕНИЧНЫЙ

К пшеничному хлебу принято относить подовый и формовой, весовой и штучный хлеб из пшеничной обойной муки и хлеб (массой свыше 500 г) из пшеничной муки II, I и высшего сорта.

Производится большое количество видов и наименований пшеничного хлеба. Так, например, из пшеничной обойной муки готовят хлеб простой формовой и подовый, весовой и штучный. Хлеб авбайкальский производят из 50% обойной пшеничной муки и 50% пшеничной муки II сорта.

Из пшеничной муки II сорта выпекаются: хлеб простой (формовой и подовый); хлеб красносельский (подовый); паланица украинская (подовая); арнаут киевский (подовый); хлеб целинный (формовой штучный); хлеб молочный (формовой штучный); ловецкая витушка и др. К этой же группе изделий можно отнести и хлеб чайный — из 90% пшеничной муки II сорта и 10% ржаной сеяной муки, 2,5% красного ржаного солода, 10% патоки и 0,2% кориандра и хлеб карельский — из 85% пшеничной муки II сорта, 10% ржаной сеяной муки и 5% красного ржаного солода, с сахаром, патокой, кориандром и изюмом.

Из пшеничной муки I сорта готовятся: хлеб простой (формовой и подовый), хлеб горчичный, хлеб красносельский, хлеб домашний (подовый), хлеб молочный, калач саратовский, паланица украинская, арнаут киевский и пр.

Из пшеничной муки высшего сорта производят хлеб простой формовой и подовый, хлеб ситный с изюмом, хлеб молочный, калач саратовский и пр.

Общие основы технологии приготовления пшеничного теста изложены в главе V.

БУЛОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

К булочным изделиям из пшеничной муки II, I и высшего сорта относят подовые штучные изделия в виде батончиков, булок и булочек, хал, плетенки, витушек, подковок, калачей и пр. массой 500 г и менее, в рецептуру которых входит менее 7% жира и 7% сахара на 100 кг муки.

Отдельные виды булочных изделий, например батончики простые и городские, вообще не имеют в своей рецептуре сахара и жира.

Некоторые из видов булочных изделий изображены на рис. 50.

СДОБНЫЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

К этой группе изделий относят все виды хлебобулочных изделий, содержащих на 100 кг муки по 7% и более сахара и жиров.

По этому признаку в группу сдобных изделий включаются различные виды хлеба (например, хлеб донецкий, хлеб сдобный из пшеничной муки высшего сорта), хлебцев (например, хлебец ленинградский), булочек и специальных мелкоштучных (50, 100 или 200 г) изделий, объединяемых наименованием сдоба.



Рис. 56. Булочки изюмные:

1 — простая булка; 2 — булочка с изюмом; 3 — булочка с изюмом; 4 — булочка с изюмом; 5 — булочка с изюмом; 6 — булочка с изюмом; 7 — булочка с изюмом

Принято различать сдобу обыкновенную, любительскую и выборговскую простую и фигурную.

Сдоба обыкновенная готовится из муки I сорта, а любительская и выборговская — из муки высшего сорта. Степень сдобности этих видов изделий характеризуется тем, что на 100 кг муки вносится в сдобу обыкновенную — сахара 10 кг, масла животного 7 кг и яиц 90 шт. (3,6 кг); в сдобу любительскую — сахара 17 кг, масла животного 13 кг, яиц 220 шт. (8,8 кг) и ванилина 4,2 г; в сдобу выборговскую простую — сахара 20 кг, патоки 2 кг, масла животного 7 кг, варенья или повидла 12 кг, ванилина 5 г и сахарной пудры (на отделку) 1 кг; в сдобу выборговскую фигурную — сахара 25 кг, патоки 2 кг, масла животного 10 кг, яиц 100 шт. (4 кг), ванилина 5 г и сахарной пудры (на отделку) 1 кг.

По каждому из указанных выше видов сдобы могут изготовляться десятки различающихся по форме изделий.

Отдельную разновидность сдобы составляет слойка (мелкоштучные изделия из теста, прослоенного в раскатанном состоянии животным маслом).

БАРАНОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Бараночные изделия имеют форму кольца или овала в круглом сечении. В группе бараночных изделий различают сушки, баранки и бублики.

Сушки представляют собой маленькие тонкие колечки (от 0,7 до 11,8 г в штуке) с влажностью отдельных их разновидностей не выше 9—13%. Баранки являются несколько более крупными изделиями (для разных их видов от 25 до 40 г в штуке), имеющими и несколько более высокую влажность (для отдельных наименований не выше 14—19%). Бублики — еще крупнее (от 50 до 100 г в штуке), имеют большую толщину и влажность отдельных их разновидностей — не выше 22—27%.

Баранки и особенно сушки вследствие их низкой влажности способны длительно сохраняться и поэтому являются своеобразным видом хлебных консервов. Бублики, имеющие более высокую влажность, наоборот, рассчитаны на потребление в свежемочечном состоянии.

Бараночные изделия готовят из крутого теста, выходящего соответствующую оплоскательную влажность. Тесто для сушек имеет, например, влажность 33—36,5%.

Тесто для бараночных изделий готовят или на соевой, или на пшеничной муке, или на смеси пшеничной и соевой муки. Ввиду малого содержания воды тесто при изготовлении теста состоит из двух операций: замеса и густомесной вымешки, конструктивно рассчитанной на замес крутого теста, и дополнительной мелкомесной обработки на катальной машине с целью обеспечения однородности структуры и свойств теста.

После наката теста должно иметь место отлеживание — брожение (30—40 мин). Затем тесто поступает на длительно-замочную машину, на которой вымешивают тесто для заготовки.

По ВНИИХП были созданы специализированные длительно-замочные машины для сушек, баранок и бубликов, а также и универсальная длительно-замочная машина с комплектами сменных рабочих органов, позволяющая переоборудовать на ней все эти три вида бараночных изделий.

Применяется и машина для формирования тестовых заготовок для бубликов марки 3М-2.

Сформированными тестовыми заготовками дают небольшие время (при машинном формовании от 30 до 60 мин) для расстойки, после чего проводят обжарку в кипящей воде¹ или обжарку в соответствующих жарочных камерах при давлении 0,16—0,18 МПа. Длительность обжарки колеблется в пределах 0,5—1 мин. Чем крупнее изделие, тем длительнее обжарка.

В процессе обжарки объем бараночных изделий резко увеличивается, масса же изделий возрастает очень незначительно. Поэтому режимом тестового бараночного заготовки при обжарке является не температура, а температура в центре тестовой заготовки достигает 50—60°C, а на поверхности 60—70°C.

В результате прогрева при обжарке в тестовых заготовках происходят процессы гидратации крахмала и денатурации белка, особенно интенсивно происходящие в замочном слое теста. В результате этого поверхность изделия после обжарки становится блестящей, гладкой.

После обжарки тестовые заготовки подвергаются обсушке (обсушка — процесс удаления влаги).

Выпечка бараночных изделий производится в конвейерных печатных печах марки ПК или в печах других конструкций и длится в зависимости от вида, сорта и массы изделий обычно от 15 до 20 мин.

Механизм процесса выпечки бараночных изделий отличен от механизма процесса выпечки хлеба. При выпечке бараночных изделий ввиду быстрого их прогрева исключено наличие в центре изделия слоя, который

¹ Для лучшего зарумянивания готовых изделий в воду для обжарки добавляют патоку или сахар.

и алая из них перемещается в поверхность изделия и поде пара. Температура центральных слоев достигает к концу выпечки: у бубликов 104—108°C, баранок 107—108°C и сушек 110—112°C.

При выпечке бараночных изделий как бы совмещаются процессы собственно выпечки и сушки.

В специальных бараночных печах со стационарным подом применяется так называемая «засветка» — облучение поверхности выпекаемых изделий пламенем горящего топлива. Исследования процесса засветки показали, что в конвекционных печах этот процесс, улучшающий форму, характер и окраску поверхности изделия, может быть заменен обжаркой в начале процесса выпечки в течение 1—2 мин при температуре среды обжарки 300—350°C и пода 250—280°C.

Как показали опыты, при выпечке бараночных изделий большое значение имеет скорость плагоддажи, которая должна составлять 1,6—1,8% в минуту. На основании работ, проводившихся в МТИП, были рекомендованы параметры оптимального режима выпечки бубликов, баранок и сушек.

Из пшеничной муки II сорта готовят баранки сахарные и сушки простые.

Из пшеничной муки I сорта производят бублики (украинские весовые и штучные, бублики с маком, тмином или кунжутом — штучные и молочные), баранки (простые, сахарные, горчичные, молочные) и сушки (простые и соевые).

Из муки пшеничной высшего сорта готовят баранки (сахарные с маком, лимонные, ванильные, розовые и сдобные) и сушки (простые, с маком, розовые, лимонные, ванильные и горчичные).

Рецептуры, детали технологического процесса приготовления, требования к качеству готовых бараночных изделий приводятся в соответствующих руководствах [30, 34, 35 и др.].

Оборудование для производства бараночных изделий описано в соответствующей литературе [20, 35 и др.].

Кустарное производство бараночных изделий с осуществлением операций приготовления теста, формовки тестовых заготовок и их обжарки и выпечки вручную было физически весьма тяжелым и очень трудоемким.

Разработка советскими конструкторами оборудования для механизации процессов производства бараночных изделий, особенно дежельно-закаточных машин для формования тестовых заготовок, произвела техническую революцию в этой, еще недавно отсталой отрасли хлебопекарного производства.

Создан ряд комплексно-механизированных и автоматизированных непрерывно-поточных линий для производства бараночных изделий [3, с. 359—360] и ряд технически передовых специализированных предприятий и цехов по их выработке.

СДОБНЫЕ СУХАРИ

Сдобные сухари имеют низкую влажность (у отдельных их наименований от 8 до 12%) и поэтому способны храниться относительно долгое время. Готовятся сдобные сухари из пшеничной сартовой муки. Так, например, из муки II сорта производят сухари горюдские, из муки I сорта — сухари кофейные, сахарные, москов-

ские, дорожные и пионерские, в из муки высшего сорта — сухари детские, любительские, славянские, ванильные, а также в пр.

Рецептуры сдобных сухарей предусматривают внесение в тесто соответствующих для каждого сорта количества сахара и жира — масла животного и маргарина. Указывается и количество яиц на смазку и отделку.

Для отдельных сортов сдобных сухарей предусмотрено применение дополнительных количества сахара на обсыпку и отделку (сухари сахарные и славянские), миндаля (сухари любительские) и ванилина (сухари ванильные).

В связи с торжественным влиянием больших количества сахара и жира в тесте на спиртовое брожение и тем количество прессованных дрожжей максимально в рецептурах сортов с наибольшим процентом сахара. Так, например, для сухарей славянских и любительских предусмотрено применение 2,5% прессованных дрожжей.

Для каждого наименования сдобных сухарей еще со времен их кустарного приготовления вручную устанавливались соответствующие рецептуры, форма и размеры [30, 34, 35 и др.]. На 1 кг приходится 200—230 шт. наиболее мелких — детских сухарей и 40—45 шт. наиболее крупных — горюдских и дорожных сухарей.

На рис. 51 показана типичная форма двух разновидностей сухарей — московских и детских.

Технологический процесс производства сдобных сухарей включает: приготовление теста, формование из выброженного теста так называемых сухарных плит, их расстойку, отделку, выпечку, выдержку, резку на ломти, их отделку, сушку — обжарку, охлаждение, отбраковку и упаковку.

Тесто для сдобных сухарей готовят опарным способом. Сахар и жир в тесто для наиболее сдобных сортов сухарей вносят в процессе его отелки.

Из выброженного теста формируют плиты — тестовые заготовки, по профилю поперечного сечения примерно соответствующие профилю готового сухаря данного сорта.

Сухарные плиты должны иметь мелкую, однородную и тонкозернистую пористость. Поэтому ранее применявшееся формование плит вручную сводилось к следующим операциям: 1) деление теста на маленькие кусочки, 2) раскатка этих кусочков в жгуты («пальцы»), по длине разные требуемой ширины плоские плиты, 3) укладка «пальцев» на листе в ряд, один вплотную к другому (плиты) и 4) опрессовка плит (придавание плит, расположенных на листе по его длине, необходимого для данного сорта сухаря профиля).

Для машинного формования сухарных плит на московском хлебозаводе № 2 была создана машина, в которой тесто нагнетается через формирующие мушкетеры (матрицы), имеющие отверстия с профилем, соответствующим необходимому профилю плиты. Плиты, выходящие из формирующих отверстий машины, также укладывают на листы по их длине и в случае необходимости выравнивают вручную. Однако характер пористости плит, выпеченных на тестовых заго-

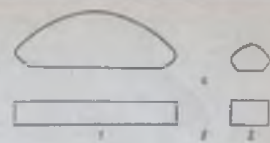


Рис. 51. Форма сдобных сухарей: а — вид сбоку; б — вид сверху; в — сухари детские

толок, сформованных на такой машине, отличается в худшую сторону от плит, сформованных из отдельных жгутиков — «пальцев».

Более совершенна в этом отношении машина для формирования сухарных плит марки СРМ-2, осуществляющая деление теста на мелкие дольки, раскатку их в жгуты и затем укладку их в ряды на листы.

Во ВНИИХП также разработана конструкция машины для изготовления тестовых заготовок сухарных плит.

Расстойка отформованных плит производится на листах в камерах или конвейерных установках при температуре 35—40°C и относительной влажности воздуха 75—85% в течение 40—120 мин (в зависимости от сорта и свойств муки и количества сдобы в тесте).

Перед выпечкой расстойшиеся плиты связывают яичной болтушкой и для отдельных сортов (городских и кофейных сухарей) обсыпают сахарной крошкой. Выпечка плит производится в хлебопечерных печах разных конструкций при температуре от 180 до 250°C в течение 7—20 мин (в зависимости от сорта сухарей и размеров плит). Увлажнения печарной камеры при выпечке плит не требуется.

Выпеченные плиты в течение 16—20 мин обычно охлаждают на тех листах, на которых они выпекались. При охлаждении спустя 5—8 мин после выпечки плиты переворачивают. Охлажденные плиты порожлаживают на деревянные лотки и на специальных стеллажах выдерживают в течение 8—24 ч. Выдержка сухарных плит имеет целью приведение их в состояние, оптимальное для резки на ломти.

Помещение, в котором выдерживаются плиты, должно быть сухим и хорошо вентилируемым. Температура воздуха в этом помещении желательна в пределах 12—15°C при относительной влажности 65—70%. Осыпание выдерживаемых плит воздухом должно быть равномерным.

Установлена возможность ускорения охлаждения и сокращения выдержки плит до 3,5—7 ч, а также целесообразность ее проведения в конвейерных охлаждающих при оптимальном режиме воздухообмена.

Выдержанные плиты на специальных резальных машинах превращают на лотки толщиной, обусловленной размерами сухари данного сорта.

Нарезанные на плит ломти при производстве некоторых сортов сухарей подвергаются обсыпке. Для этого поверхность ломтей, подлежащие обсыпке, слегка связывают яичной болтушкой, после чего их обсыпают сахаром (сахарные и сахарные сухари), смесью меда и сахара (медовые сухари), крошкой из ядра ореха (перхия корки лобительских сухарей), смесью сахарной крошки, сахара и ореха (деликатесные сухари).

Нарезанные и в случае необходимости отделанные ломти дальше укладывают на листы для сушки. Размеры листов (как и при выпечке плит) должны быть увязаны с размерами пода или подинов печи, в которой производится сушка сухарей.

Сушка производится в хлебопечерных печах при температуре 165—220°C в течение 12—35 мин (в зависимости от размеров и рецептуры сухарей данного сорта).

Этот этап процесса производства сдобных сухарей правильнее было бы именовать их сушкой — обжаркой, так как готовые сухари должны быть не только высушены до требуемой влажности (8—12%), но иметь зарумяненный слой на боковых поверхностях ломтей. Поэтому сушка сдобных сухарей и производится не в сушильнях с конвективным подводом теплоты, а в хлебопечерных печах. Излучение от теплоотдающих поверхностей печарной камеры и обеспечивает зарумянивание боковых поверхностей сухарей.

Готовые сдобные сухари охлаждают в течение 2—3 ч и после отбраковки упаковывают или расфасовывают.

В ЛО ВНИИХП (К. И. Козлова и др., 1971—1980) проведена большая работа по совершенствованию и интенсификации процесса производства сдобных сухарей и повышению их качества.

Исследовались различные способы приготовления теста, влияющие на усиленную механическую обработку теста при замесе и допол-

нительных операций, а также и влияние специальных добавок — улучшителей. Особое внимание было уделено ускорению процесса выдержки сухарных плит до их резки на ломти, длящегося от 7 до 24, а в ряде случаев и до 48 ч.

Снижение температуры воздуха, в условиях которого выдерживаются плиты, с 20—25 до 8—11°C примерно в 2 раза снижает длительность этого процесса. Еще большее ускорение может быть достигнуто путем дополнительной кратковременной (до 3 мин) выдержки еще горячих после выпечки плит в поле токов высокой частоты. Применение этого способа [а. с. 491367 (СССР), Б. И., 1975, № 24] позволяет ускорить процесс выдержки сухарных плит в 7—24 раза при одновременном улучшении качества сдобных сухарей (по чистоте срезов у ломтей плиты, по равномерности окраски и небухваемости сухарей).

Для производства сдобных сухарей разработаны как новые виды соответствующего оборудования, так и комплексно-механизированные поточные линии [3, 20 и др.].

ПРОСТЫЕ СУХАРИ

Простые сухари, получаемые обычно из ржаного или ржано-пшеничного хлеба, нарезанного на ломти и высушенного до влажности 10%, являются продуктом, выдерживающим длительное хранение.

Большим преимуществом сухарей является то, что вследствие низкого содержания влаги они пригодны для непосредственного употребления в пищу в любых температурных условиях, тогда как хлеб на морозе замерзает.

Производство ржаных или ржано-пшеничных сухарей состоит из следующих процессов и операций: приготовления хлеба, выдержки хлеба, резки хлеба на ломти, укладки ломтей в кассеты, сушки и упаковки сухарей.

Производство сухарного хлеба и требования к его качеству. Для сушки на плоские сухари можно использовать хлеб из ржаной обойной муки, из смеси 70% ржаной обойной муки и 30% пшеничной обойной муки и из пшеничной обойной муки. Допускается также применение хлеба из смеси 70% ржаной обойной и 30% ржаной обдирной муки. В основном у нас вырабатывают сухари из ржаного или ржано-пшеничного хлеба.

Приготовление теста и хлеба производится обычным способом. Влажность целого хлеба, предназначенного для сушки сухарей, должна находиться в пределах 42—44%, что соответствует влажности мякиши 47—50%.

В сушильной технике принято влажность сушеного продукта выражать в процентах к массе абсолютно сухого вещества продукта. Выражаемому таким образом влажности называют суммарной (интегральной) влажностью. Суммарная влажность W^0 (на рис. 52—54 обозначено W^*) целого сухарного хлеба должны находиться в пределах 72—78,5%.

По всем остальным показателям качество сухарного хлеба должно удовлетворять нормам стандарта на соответствующий сорт хлеба. Особое значение имеет хорошо развитая и равномерная пористость хлеба.

Обычно сухарный хлеб выпекают в форме масел 1,5—2 кг. Было экспериментально установлено (МТИП, Л. Я. Ауриен, А. С. Гинзбург, Я. Г. Островский и др., 1956—1958), что для сушки сухарей целесообраз-

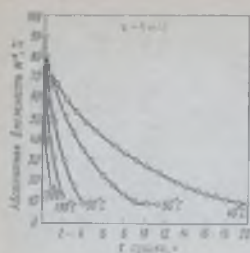


Рис. 52. Кривые сушки ленточных сушарей при разной температуре сушильного воздуха

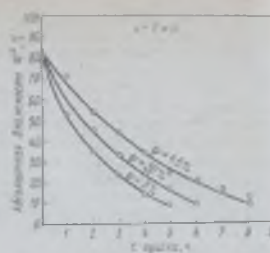


Рис. 53. Кривые сушки ленточных сушарей при разной относительной влажности сушильного воздуха

но применение удалось как ружно-выпечного бескорочного хлеба аэроконтракционной выпечки (см. главу VIII). Такой хлеб имеет повышенную и равномерную влажность. Поэтому ломы этого хлеба всасывают и дают сушари с рыхлой, рваной поверхностью на сечении.

Выдержка сушаров хлеба. Хлеб, предназначенный для производства сушарей, после выпечки выдерживают в течение 12–15, а иногда и 24 ч в теплое время года.

Быстрота хлеба имеет очень большое значение в состоянии, при котором он не деформируется бы при раскатке на ломы и имеет наименьшее количество отходов (крошек и ломовых частей).

Длительность выдержки сушаров хлеба зависит от температуры в хлебопекарной и конструкции хлебопекарной машины, а также от состояния ее режущих деталей. Чем совершеннее конструкция хлебопекарки и острее ее режущие детали, тем меньше будет длительность выдержки хлеба. Чем выше температура воздуха в хлебопекарнице, тем длительнее должна быть выдержка хлеба.

Ребра хлеба из лент. Ребра хлеба производятся на хлебопекарных машинах. Хлеб режут на ломы толщиной 20–25 мм. Оптимальной является толщина ломов около 22 мм. При этой толщине сушка ломов идет быстро и сушари получают аэроконтракционные с достаточной металлической прочностью.

Ломы, деформированные в процессе раскатки и отделения корки, подлежат отбраковке.

Укладка ломов хлеба в кассеты. Прессование ломов хлеба осуществляется в металлических кассетах, рассчитанных на вертикальное размещение в них ломов с передвинутыми зазорами между ними. Применяются также и металлические кассеты горизонтального типа (железа из металлического прутка с катушкой на ней сеткой), рассчитанные на укладку на них ломов хлеба.

При сушке сушарей в наиболее распространенных сушарках туннельного типа кассеты с ломом хлеба укладывают на полки жаровни металлической выпечки.

Сушка ломов хлеба. Для получения сушарей из 1 т ломов хлеба надо испечь 350–400 кг воды.

Для сушки ломов хлеба обычно применяются сушари конвекционного типа, в которых теплоноситель движется в калорифере по кругу, а продукты — по спирали.

При конвекционной сушке длительность сушки ломов хлеба и качество сушарей обуславливаются параметрами сушильного воздуха: это температурой

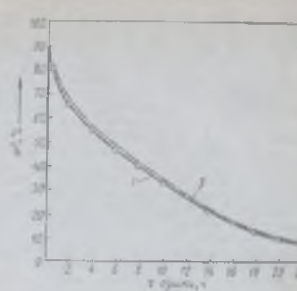
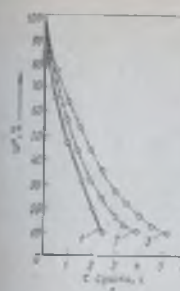


Рис. 54. Кривые сушки ленточных сушарей при разной скорости и температуре сушильного воздуха:
 v — при 120°C; ϕ — при 100°C; t — 0 м/с; ϕ — 25 м/с; ϕ — 0.5 м/с

(t), относительной влажностью (ϕ) и скоростью (v) по отношению к сушарной продукции.

Влажные параметры сушильного воздуха на кривых сушки ломов хлеба характеризуются кривыми сушки ($W^* = f(t)$), приведенными на рис. 52–53. Как видно из графиков, приведенных на рис. 52, чем выше температура сушильного воздуха, тем быстрее идет сушка.

Сушка ломов хлеба до влажности около 10% при $v = 1$ м/с и $\phi = 0.5$ длится: 20 ч при 100°C, 10 ч при 120°C, 4 ч при 140°C и около 2 ч при 160°C. Более высокая температура сушильного воздуха (170°C), хотя и ускоряет сушку, однако приводит к получению сушарей неудовлетворительного качества (темно-бурых и горюватых).

Увеличение относительной влажности сушильного воздуха с 0.5 до 0.65, при $t = 120$ и $v = 2$ м/с увеличивает длительность сушки сушарей с 5 до 8 ч (рис. 53).

Увеличение скорости сушильного воздуха с 0.7 до 2.5 и 5 м/с при $t = 120$ и $\phi = 0.5$ приводит к сокращению длительности сушки с 8 до 6.5 и 4.5 ч (рис. 54, а). При $t = 140$ (рис. 54, б) увеличение скорости воздуха с 0.7 до 5 м/с практически не повлияло на скорость сушки.

Объясняется это тем, что хлеб имеет сравнительно высокую влажность. В связи с этим скорость сушки ломов хлеба толщиной 20–22 мм при такой температуре сушильного воздуха в основном обусловлена не скоростью движения воздуха с поверхностью материала, а скоростью внутреннего переноса влаги к поверхности испарения. Поэтому при $t = 120$ увеличение скорости сушильного воздуха с 0.7 до 5 м/с, которое может увеличить толщину испарения влаги с поверхности материала, не приводит к ускорению процесса сушки.

Коэффициент аэроконтракции сушарей материала резко увеличивается при повышении температуры материала, происходящем при выпечке температуры сушильного воздуха.

Так, например, исследование процесса сушки сушарей показало, что при увеличении температуры сушильного воздуха с 40 до 120°C коэффициент аэроконтракции возрастает в 20.5 раза. Поэтому при $t = 120$ и $v = 1$ м/с увеличение скорости сушильного воздуха с 0.7 до 2.5 и даже до 5 м/с имеет незначительное влияние на ускорение процесса сушки сушарей.

В значительной мере этот же коэффициент аэроконтракции хлеба при увеличении температуры сушильного воздуха объясняется и тем, что чем выше тем-

переходит в состояние влажности при постоянной его скорости, тем скорее идет процесс сушки сухарей (см. рис. 52).

При высушивании хлеба (20—25 мм) процесс протекает при падающей влажности воздуха. Периодическая влажность воздуха при этом отсутствует. Это обстоятельство обусловлено относительными расчетами, периодами постоянной скорости сушки также не учитываются и адвективный расчеты, периодами постоянной скорости сушки при $t_s = 45^\circ\text{C}$ и $\phi = 10\%$ может выходящая только при сушке ломтей хлеба при толщине ломтя 3 мм. Запланированная влажность в этих условиях начального периода при этом является относительной влажностью.

Скорость сушки хлеба и сухарей обуславливают то, что поверхность испарения при сушке хлеба и сухарей увеличивается при интенсивной влажностной с поверхности. В результате этого на поверхности ломтей хлеба может образовываться покрытие толщиной 0,1 мм, имеющий влажность, равновесную по отношению к влажности окружающего воздуха, в то время как центральная часть ломтя может быть влажностью. Влажность к испарению.

Температура ломтей хлеба в процессе сушки быстро повышается и на поверхности достигает значений, близких к t_s сушильного воздуха. Поэтому повышение температуры сушильного воздуха до уровня, допустимого с точки зрения качества сухарей, является наиболее эффективным методом ускорения процесса сушки сухарей.

Сушенные ломти хлеба в результате отдачи влаги имеют усадку, особенно значительную в центральной части ломтя. По нашим данным, ломоть хлеба в процессе сушки имеет усадку: по высоте на 8%, по ширине на 5—7%, по толщине ломтя (по его корке) на 5% и по толщине центральной части ломтя на 35%.

Несмотря на значительное влияние на процесс сушки сухарей различных факторов с учетом незначительности больших значений градиента влажности в сушильном слое хлеба, вызывающих растрескивание сухарей, можно считать целесообразным такой режим сушки хлеба на сухари, при котором первая стадия сушки производится бы при не очень высокой температуре и повышенной относительной влажности сушильного воздуха. Вторая стадия сушки, к началу которой ломти хлеба уже достаточно прогреты, может происходить при более высокой температуре и более низкой относительной влажности сушильного воздуха.

Несмотря на это в сушильных сушилках для сухарей в основном принят принцип противоточа сушильного материала и сушильного воздуха с частичной рециркуляцией выработанного сушильного воздуха. При этом процесс сушки хлеба заканчивается при $t_s = 70-80^\circ\text{C}$ и $\phi = 25-35\%$. Завершается сушка сухарей при $t_s = 120-130^\circ\text{C}$ и $\phi = 5-10\%$. Скорость воздуха $u = 3,5$ м/с. Длительность сушки в этих условиях составляет 7—8 ч.

Для сушки хлеба на сухари используются сушилки разных типов и конструкций. Основным видом сушильных сушек являются туннельные вагонетки, вагонетки конвейерного типа с применением в качестве теплоносителя воздуха, нагреваемого в электрических трубчатых обогревателях калориферах.

Описание и технические характеристики различных сушек приводятся в специализированной литературе.

Охлаждение, отбраковка и упаковка сухарей. Готовые сухари после выхода из сушилки необходимо охлаждать и только после этого упаковывать. Охлаждение сухарей обычно производят, выдерживая вагонетку с сухарями в помещении.

Охлажденные сухари выгружают из вагона на упаковочный стол. В процессе отбора сухарей с этого стола для упаковки их образуют по принятым стандартам, образующим органолептически и предусмотренным в стандарте

Г. И. Гурьев, А. С. Овчинников и другие, техника сушки пищевых продуктов. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 528 с.

Г. И. Гурьев, А. С. Овчинников. Сушка пищевых продуктов. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 210 с.

отбраковке исключают сухари горелые, с крупными сквозными трещинами, с посторонними включениями, загрязненные, а также сухари, не соответствующие требованиям стандарта. Значительное при этом и количество крупного и мелкого лома, допустимого стандартом.

Одновременно с этим органолептически отбраковывают и сухари, даже не прошедшие, руководствуясь тем, что сухари со значительной прослойкой немытого муча при сдаивании его с боков сдвигаются и при вытаскивании сухаря о сухарь падает густой слой.

Следует иметь в виду, что тонкие прослойки неперемешанного муча в центральной части сухаря допустимы при общей его влажности не выше 10%. При хранении таких сухарей их влажность выравнивается, и эти прослойки полностью исчезают.

Влажность, кислотность и намаканность сухарей, нормируемые стандартом, контролируются лабораторией хлебопека (или сухарного предприятия).

Сухари упаковывают обычно в многослойные бумажные пакеты (парафенины). При этом необходимо, чтобы сухари укладывались в пакеты не насыпью, а плотными рядами (стопками). Пакеты с сухарями зашивают и маркируют.

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ВИДЫ ХЛЕБА И ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Описанные выше виды хлеба и хлебных изделий производятся и потребляются в тех или иных соотношениях во всех регионах СССР. Поэтому качество их регламентируется общесоюзными государственными стандартами.

В то же время в отдельных республиках и областях нашей страны производятся также местные национальные виды и сорта хлеба и хлебных изделий.

Выработка этих изделий учитывает исторически сложившиеся привычки коренного населения данного региона к производству, потреблению, к типу и особенностям формы, внешнего вида, вкусовым и ароматическим особенностям тех или других видов хлеба и хлебных изделий.

Поэтому требования к качеству этих национальных и местных изделий обуславливаются стандартами или техническими условиями, не общесоюзными, а соответствующей союзной республике.

Количество сортов таких национальных и местных хлебных изделий в 1975 г. было около полутора.

Рецептуры этих изделий, технологические инструкции по их производству, а также требования к их качеству, отраженные в соответствующих республиканских стандартах, применяются и сборники [19]. Этот сборник охватывает ассортимент данных хлебобулочных изделий по всем союзным республикам нашей страны. Полочных изделий по всем союзным республикам нашей страны. Поэтому в учебнике мы ограничимся лишь самой общей и краткой характеристикой местных национальных хлебобулочных изделий.

Наиболее своеобразны по типу самих изделий и способам их производства национальные хлебные изделия республик Средней Азии и Закавказья.

Национальные хлебные изделия Средней Азии и Закавказья производятся хлебопечными предприятиями кооперации, а частично пищевой промышленности и потребительской кооперации, а частично еще и в домашних условиях. Национальные хлебные изделия

производятся в Азербайджанской, Армянской, Грузинской, Казахской, Киргизской, Таджикской, Туркменской и Узбекской ССР.

Все виды и сорта среднеазиатских и закавказских национальных изделий вырабатываются из пшеничной муки, в основном из муки I и высшего сорта. Меньшее количество видов вырабатывается из муки II сорта и лишь единичные сорта также из муки пшеничной обойлой.

Национальные сорта этих хлебных изделий вырабатываются в виде:

лепешек круглых или продолговатых по контуру; с утолщением у большинства сортов краевой части лепешки и с более тонкой средней частью, с наколами на ней или узорами, отштампными штампом;

листового тонкого лаваша армянского, выпекаемого из тестовых заготовок в виде тонко раскатанного листа (пласта) теста, удлинённого и овального по форме;

листового сангьяка, выпекаемого из такой же тестовой заготовки, но на поду из круглой гальки.

Выпекаются и лепешки с отверстием в центре и др.

Ряд видов по массе изделия относятся к весовым изделиям (с продажей целого изделия или его части — по массе). К этой категории относятся тюрк азербайджанский, лаваш, матнакаш армянский, хлеб кутанский и др.

Большинство же изделий типа лепешек относятся к категории штучных изделий.

Производство рассматриваемых видов национальных хлебных изделий имеет многовековую историю. Этим, очевидно, и обусловлено то, что спрос на эти изделия у коренного населения неизменно устойчив, в связи с чем хлебопекарная промышленность перечисленных выше республик вырабатывает значительную часть хлебопекарной продукции в виде национальных изделий.

Так, например, в хлебопекарной промышленности Узбекской ССР в 1975 г. на долю национальных изделий в системе потребительской кооперации приходилось 41,7%, а в системе Минпшеспрома — до 20% от общей выработки хлеба и хлебных изделий.

В связи с этим ниже приводятся очень кратко изложенные сведения о традиционных способах производства национальных изделий.

Рецептуры большинства этих изделий включают муку, соль и хмель (для приготовления жидких хмелевых дрожжей или закваски).

Есть и некоторые виды сабных сортов лепешек, в рецептуру которых входят устоявшиеся для них жидкие сабры (узбекские лепешки патыр и ширмай), выжарен из курдючного бараньего жира (узбекские джизали-нан) или растительного масла (казахские лепешки дамы пая и жай пая). Тесто для большинства этих изделий готовится на жидких хмелевых дрожжах-закваске или с применением части сырого полуфабриката прошлого приготовления.

Для некоторых сортов лепешек тесто готовится на специальных видах закваски. Так, например, для узбекских лепешек ширмай тесто готовится многофазным способом на выкисе из дробленого очищенного гороха и отщипа из семян аниса.

Для некоторых других видов лепешек используют закваску, приготовленную с добавлением перебродивших сливок (лепешки пулаты-нан и др.), или горохово-базильную закваску (лепешки кульчи).

Применяют при приготовлении закваски для отдельных видов лепешек также и ржаной дух, мясной бульон и кислое молоко.

Способы выведения таких заквасок восходят, очевидно, к глубокой древности и находят применение преимущественно в сельском хлебопечении. В промышленном хлебопечении тесто для национальных сортов хлебных изделий готовят обычно на прессованных или жидких дрожжах.

В сельском хлебопечении и сейчас еще для выпечки национальных видов лепешек и лаваша широко используют очень примитивные печи (торни или тандыры), прототипы которых имеют 1,5—3-тысячелетнюю историю. Тестовые заготовки для выпечки в этих печах прилепляются к боковым стенкам или своду печурной камеры печи, в которой одновременно с выпечкой происходит и горение топлива.

Кустарное и немеханизированное производство этих видов национальных изделий связано с большой затратой ручного труда, а условия работы у тандыра или торни тяжелы и небезвредны для здоровья. Поэтому для промышленного производства национальных хлебных изделий разработан ряд машин, а также современных механизированных хлебопекарных печей.

Большая работа проводится по совершенствованию технологического процесса и комплексной механизации промышленного производства этих изделий, а также по повышению их качества. Работы, проведенные в этом направлении, описаны в соответствующей литературе¹.

В ассортименте продукции хлебопекарной промышленности и других республик нашей страны (Белорусской, Латвийской, Литовской, Молдавской, Эстонской ССР и РСФСР) в раньше имелись и в большом количестве утверждены в последние годы сорта хлеба и хлебобулочных изделий, имеющие местные и национальные наименования. Так, например, издавна фигурирует в номенклатуре ассортимента: хлеб украинский, рижский, мизский, карельский, калачи московские и ленинградские, калач уральский, калач саратовский и другие изделия с подобными наименованиями.

Многие из этих изделий стали практически общесоюзными и качество их регламентируется соответствующими ГОСТами.

За последние годы число хлебных изделий с такими местными наименованиями резко увеличилось. Появились, например, такие виды и сорта, как хлеб украинский новый, паванца украинская, арнаут киевский, хлеб латвийский подовый ржаной обойный, хлеб каунасский, хлеб белорусский подовый, хлеб белорусский молочный, хлеб полесский, хлеб алма-тинский с изюмом, булочки казахский молочный, хлеб и булочки молдавские, хлеб литовский, хлеб кавский, хлеб славопольский, хлеб рязанский молочный, хлеб донецкий, булочки русские и подмосковные, халы башкирские и другие сорта с местными наименованиями.

¹ Зубинов А. Ф., Теличук В. И., Михелев А. А. Выпечка национальных сортов хлеба в СССР: Обзор. М.: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1979. — 32 с.; Казунян З. В., Мачиякин Ю. А., Данилов В. Н. Современное производство национальных сортов хлеба. — Ереван: АрмНИИТЭИ, 1979. — 140 с.

Часть из этих сортов хлеба и хлебных изделий действительно связана с исторически сложившимися национальными или местными хлебопекарными традициями и потребительскими привычками и вкусами населения отдельных республик и областей.

Во многих же случаях местные наименования отражают лишь республику, область или город, в котором сорт был предложен и представлен на утверждение. Технологическая принадлежность этих местных сортов обычно для изделий из пшеничной муки, данной рецептуры и типа и разновидности готовых изделий.

Ассортимент продукции хлебопекарной промышленности включает и хлебобулочные изделия, предназначенные для диетического (лечебного и профилактического) питания, а также и для разных возрастных групп населения. Эти изделия будут рассмотрены в главе XIV.

Глава XIV

Пищевая ценность хлеба и его качество

Одной из задач повышения благосостояния народа является его высококачественное питание, оптимально сбалансированное по содержанию отдельных пищевых веществ, их физиологической и энергетической ценности.

Ежедневное, повсеместное и всенародное потребление хлеба и хлебных изделий дает основание считать их продуктами питания, имеющими первостепенное значение.

Не случайно поэтому русскими учеными, работавшими в области гигиены питания (А. Доброславин, М. Покровский, М. Попов, С. Руднев, В. Самгин, Ф. Эрисман и др.) еще в конце прошлого столетия, большое внимание уделялось не только разработке научных основ питания, но и исследованию пищевой ценности хлеба и его значимости в пищевом рационе.

Работы в области основ рационального питания, потребностей человека в пищевых веществах и энергии, а также исследования пищевой ценности хлеба и хлебных изделий, разработка путей и средств ее повышения широким фронтом ведутся и современными гигиенистами, биохимиками и технологами как в нашей стране [23, 24, 25, 26 и др.], так и за рубежом.

ПОТРЕБНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА В ПИЩЕВЫХ ВЕЩЕСТВАХ И ЭНЕРГИИ

В пище, потребляемой человеком, должны содержаться пищевые вещества (вода, белки, углеводы, жиры, минеральные вещества, витамины, балластные вещества и др.), необходимые для нормального функционирования организма: для обмена веществ в нем, для восстановления, а в период роста — новообразования его тканей.

Пища является и источником энергии, необходимой организму человека как для процессов обмена веществ, так и для покрытия

затрат энергии на двигательные, трудовые и другие процессы.

Поэтому пищевые рационы и отдельные пищевые продукты оцениваются не только по содержанию в них необходимых для человеческого организму пищевых веществ, но и по энергетической ценности (далее сокращенно — ЭЦ), характеризующей энергией, которая может быть выделена этим рационом или 100 г определенного продукта в процессе его усвоения организмом человека.

Для оценки достаточности и пищевой полноценности отдельных пищевых рационов, а также входящих в них отдельных пищевых продуктов необходимо располагать определенными нормативными потребностями человека в отдельных пищевых веществах и энергии.

Потребность отдельных контингентов и групп населения в пищевых веществах и энергии. Министерством здравоохранения СССР в 1968 г. были утверждены «Рекомендуемые величины физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии», разработанные Институтом питания Академии медицинских наук СССР¹.

В этих рекомендациях отражена потребность разных групп и контингентов населения нашей страны: в ЭЦ пищи; в белках (в том числе отдельно в животных); в жирах (в том числе растительных); в углеводах; в витаминах (по витаминам В₁, В₂, РР и С, а для детей, подростков, беременных и кормящих женщин и по витаминам А и D) и в таких минеральных элементах, как кальций, фосфор и магний.

Потребность в ЭЦ пищи и в перечисленных выше пищевых веществах дана дифференцированно: для детей и подростков (по отдельным их возрастным группам и для юношей и девушек раздельно); для взрослых (по четырем возрастным группам, по четырем группам характера и интенсивности труда и раздельно — для мужчин и женщин). При этом для женщин, за исключением беременных и кормящих, потребность в пищевых веществах и ЭЦ пищи определена более низкой, чем для мужчин той же возрастной, трудовой и по другим признакам выделенной группы.

Потребность в ЭЦ пищи у взрослых учитывает и энергозатраты, связанные с уровнем коммунального обслуживания и с физическими активными формами отдыха.

Отдельно отражены численные значения потребности в ЭЦ пищи для беременных и кормящих женщин, студентов, спортсменов при тренировках и соревнованиях, а также лиц, занятых очень тяжелым физическим трудом.

Средняя потребность взрослого человека в пищевых веществах и энергии. Для более всесторонней и общей для всех категорий и групп взрослого населения страны оценки отдельных видов пище-

¹ В журнале «Химия и жизнь» (1983, № 12, с. 61—66) сообщается, что Минздравом СССР утверждены новые «Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения СССР», и излагается основное их содержание.

вых продуктов и пищевых рационов в Институте питания АМН СССР исходя из концепции сбалансированного питания были разработаны величины средней дневной потребности взрослого человека в пищевых веществах и ЭЦ пищи.

В табл. 29 приведены принятые в настоящее время численные значения потребности взрослого человека в пищевых веществах и энергии пищи, одобренные Министерством здравоохранения СССР в 1976 г. и опубликованные в литературе [38].

Таблица 29

Пищевые вещества	Дневная потребность	Пищевые вещества	Дневная потребность
1. Вода, г	1750—2000 (1875)	калий	2500—5000 (3750)
2. Белки, г	80—100 (90)	хлориды	5000—7000 (6000)
в том числе	50	магний	300—500 (400)
животные		железо	15
3. Аминокислоты, г		никель	10—15 (12,5)
незаменимые:		марганец	5—10 (7,5)
изопролин	3—4 (3,5)	хром	0,20—0,25 (0,225)
лейцин	4—6 (5)	медь	2
лизин	3—5 (4)	кобальт	0,1—0,2 (0,15)
метионин	2—4 (3)	селен	0,5
фенилаланин	2—4 (3)	фториды	0,5—1,0 (0,75)
триптофан	2—3 (2,5)	йодиды	0,1—0,2 (0,15)
треонин	3—4 (3,5)	Витамины, мг	1,5—2,5 (2,0)
валин		А (различные формы)	3,0—5,0 (4,0)
заменимые:		В ₁ (тиамин)	1,5—2,0 (1,75)
цистин	2—3 (2,5)	В ₂ (рибофлавин)	2,0—2,5 (2,25)
тирозин	3—4 (3,5)	В ₃ (пантотеновая кислота)	5—10 (7,5)
4. Углеводы, г		В ₄ (пиридоксин)	2—3 (2,5)
моно- и дисахариды	400—450 (425)	В ₅ (фолиин)	0,2—0,4 (0,3)
крахмал	50—100 (75)	В ₁₂ (кобаламины)	0,002—0,005 (0,0035)
белковые вещества (пектин, клетчатка, гемцеллюлозы и др.)	25	С (L-аскорбиновая кислота)	50—100 (60)
5. Органические кислоты, г	2	Д (различные формы)	0,0025—0,01 (0,00625)
6. Жиры, г	80—100 (90)	Е (токоферолы, различные формы)	5—30 (17,5)
в том числе	20—25 (22,5)	К (различные производные нафтеноидов)	0,2—0,3 (0,25)
растительные		Р (рутин)	25
животные		РР (никотин)	15—25 (20)
холестерин	0,3—0,6 (0,45)	Н (биотин)	0,15—0,35 (0,225)
фосфолипиды	5	Холин	500—1000 (750)
7. Минеральные вещества, мг		Липоевая кислота	0,5
кальций	800—1000 (900)	Инозит	500—1000 (750)
фосфор	1000—1500 (1250)	ЭЦ, ккал	2850*
соотношение кальций : фосфор	1 : 1,4		11942*
натрий	4000—6000 (5000)		

* ккал = 4,185 кДж

В табл. 29 приводятся дисанная потребность во всех незаменимых аминокислотах и двух заменимых аминокислотах — цистине и тирозине.

В разделе «Витамины» изменена последовательность расположения данных по отдельным витаминам с учетом их буквенного обозначения.

По тем пищевым веществам, по которым в таблице приведены величины потребности «от» и «до» такой-то, в скобках дано и среднее значение потребности в данном веществе. Этими величинами мы пользуемся при оценке пищевой ценности отдельных продуктов (хлеба и хлебных изделий и сырья, из которого они производятся) и их роли и значения в питании взрослого человека.

ЗНАЧЕНИЕ ХЛЕБА В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА, СТЕПЕНЬ ЕГО ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

Для установления роли и значения хлеба и хлебных изделий в питании взрослого человека необходимо условно принять, сколько и каких видов этих изделий он съедает за день.

Мы приняли, что взрослый человек ежедневно съедает 450 г хлебных изделий, включающих 150 г столового подового хлеба, 150 г подового хлеба из пшеничной муки II сорта и 150 г нарезного батона из пшеничной муки I сорта.

Рецептура этих видов изделий (в кг на 100 кг муки) предусматривает изготовление их из приводимых ниже видов и количества сырья.

1) Хлеб столовый — из 50 кг муки ржаной обдирной и 50 кг муки пшеничной II сорта, 0,3 кг прессованных дрожжей, 1,5 кг соли и 3 кг сахара.

2) Хлеб из пшеничной муки II сорта — из 100 кг этой муки, 0,5 кг прессованных дрожжей и 1,3 кг соли.

3) Нарезной батон — из 100 кг пшеничной муки I сорта, 1,5 кг прессованных дрожжей, 1,3 кг соли, 5 кг сахара и 3,5 кг маргарина.

Для этих трех сортов хлебных изделий мы в дальнейшем изложения будем использовать сокращенные обозначения: 1) хлеб столовый; 2) хлеб из М-Пш II с; 3) батон нарезной из М-Пш I с.

В таблицах же, отражающих суммарное содержание в 450 г этих трех хлебных изделий (по 150 г каждый) отдельных пищевых веществ, мы будем для краткости писать: «содержание в 450 г хлебных изделий».

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ХЛЕБА И СТЕПЕНЬ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В ЭНЕРГИИ ЗА СЧЕТ ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Энергетическая ценность (ЭЦ) дневного рациона, необходимая для здоровья и нормальной жизнедеятельности человека, колеблется в широких пределах в зависимости от возраста, пола, интенсивности труда и других факторов.

Так, например, численные значения суточной потребности в энергии, рекомендованные Минздравом СССР, колеблются от 1300 ккал, или 5542,8 кДж (ребенок в возрасте от 1 до 1,5 лет), до 4500 ккал, или 18 840 кДж (мужчина, занимающийся тяжелым ручным трудом), и даже до 5000 ккал, или 20 934 кДж (спортсмен в период соревнований и усиленных тренировок).

У статистически усредненного взрослого человека потребность в ЭЦ дневного пищевого рациона, как видно из табл. 29, принята равной 11 932 кДж (2850 ккал).

Этими численными значениями ЭЦ мы и будем руководствоваться при установлении энергетической значимости хлебных изделий в питании взрослого человека.

Факторы, обуславливающие ЭЦ хлеба и других пищевых продуктов, и методика ее установления. В таблицах химического состава пищевых продуктов [38] величины их ЭЦ приведены в расчете на 100 г съедобной части продукта и выражены в ккал и кДж энергии, выделяющейся при окислении пищевых веществ в организме человека.

Для хлеба и хлебных изделий, все части которых съедобны, их ЭЦ выражается на 100 г продукта (включая их корку и мякиш).

ЭЦ хлеба, булочных и других хлебных изделий обусловлена рядом факторов, к числу которых можно отнести:

соотношение в массе изделия воды и сухих питательных веществ. Чем больше в продукте воды, не выделяющей в нашем организме энергии, тем соответственно ниже будет его ЭЦ;

количество в массе сухих веществ продукта — белков, усвояемых углеводов и липидов, различающихся по количеству энергии, выделяемой единицей их массы в организме человека.

Эти группы веществ различаются и по теплоте сгорания, и по энергии, выделяемой в нашем организме, что связано с различной степенью их усвоения. В табл. 30 приведены значения этих показателей, принятые [38] для расчета ЭЦ пищевых продуктов, в том числе и хлеба, булочных и других хлебопекарных изделий.

ЭЦ отдельных видов хлебных изделий. Данные, приведенные в табл. 30, позволяют отметить, что теплота сгорания и ЭЦ в орга-

низме человека наиболее высоки у жира (липидов). Поэтому чем больше в рецептуре хлебного изделия жира, тем выше его ЭЦ.

На втором месте по ЭЦ находится этиловый спирт. Однако его содержание в хлебе и хлебных изделиях столь невелико, что не сказывается ощутимо на их ЭЦ.

Коэффициент усвоения в организме человека энергии, содержащейся в пищевых продуктах, наиболее низок у белков (0,71), значительно выше у жиров (0,96) и максимален у усвояемых углеводов (1,0).

ЭЦ хлеба и хлебных изделий в значительной степени связана с их влажностью, причем для хлеба и булочных изделий с влажностью не мякиша, нормируемой ГОСТами, а целых изделий, отражающей влажность и корок и мякиша.

В табл. 31 в качестве примера приведены значения ЭЦ ряда видов и сортов хлебных изделий из муки разных видов и сортов: ржаной обойной (М-Рж об), обдирной (М-Рж обд) и сеяной (М-Рж сеян); пшеничной обойной (М-Пш об), II сорта (М-Пш II с), I сорта (М-Пш I с) и высшего сорта (М-Пш в. с). Приводятся в этой таблице и значения ЭЦ сортов хлеба, принятых нами в качестве потребляемых взрослым человеком (хлеб столовый подовый, хлеб подовый из М-Пш II с и батон нарезной из М-Пш I с).

Помимо величин ЭЦ отдельных хлебных изделий приводим и соответствующие им значения влажности целых изделий ($W_{\text{цел. изд}}$) и содержания жира (липидов).

Таблица 31

Виды и сорта хлебных изделий	вс. изд. %	Содержание жира, %	ЭЦ	
			ккал/100 г	кДж/100 г
1. Хлеб формовой из М-Рж об	47,5	1,0	190	795,49
2. " " " М-Рж обд	45,8	1,1	199	833,17
3. " " " М-Рж сеян	42,4	0,7	214	895,97
4. " " " М-Пш об	44,3	1,2	203	849,92
5. " " " М-Пш II с	41,2	1,2	220	921,10
6. " " " М-Пш I с	39,6	0,9	226	946,22
7. " " " М-Пш в.с	37,8	0,6	233	976,52
8. Батон простой из М-Пш I с	37,2	1,0	236	986,08
9. Сдоба выборская из М-Пш в.с	26,1	4,5	297	1243,48
10. Варяки простые из М-Пш I с	17	1,3	312	1306,28
11. Сушки простые из М-Пш I с	12	1,3	330	1381,64
12. Сушки армейские из М-Рж об	11	1,7	326	1364,90
13. Сушки сдобные из М-Пш в.с	8	10,6	397	1662,16
14. Хлеб столовый подовый из М-Рж обд и М-Пш I с	40,4	1,17	203	849,92
15. Хлеб подовый из М-Пш II с	39,8	1,29	208	870,85
16. Нарезной батон из М-Пш I с	36,3	2,89	235	983,90

Примечания. Численные значения ЭЦ по пп. 1—13 приведены из таблиц химического состава пищевых продуктов, 1976 г. [38], а по пп. 14—16 рассчитаны по данным составу изделий, приведенным в таблицах 1979 г. [39].

Таблица 30

Вещества	Теплота сгорания		ЭЦ при окислении в организме		Коэффициент усвоения
	ккал/г	кДж/г	ккал/г	кДж/г	
Белки	5,65	23,65	4,00	16,75	0,71
Жиры (липиды)	9,35	39,15	9,00*	37,68*	0,96
Усвояемые углеводы	3,75	15,70	3,75	15,70	1,00
Этиловый спирт	7,07	29,80	7,00	29,31	0,99
Уксусная кислота	3,49	14,61	3,49	14,61	1,00
Молочная кислота	3,62	15,18	3,62	15,16	1,00

* Значения 9,00 ккал/г и 37,68 кДж/г приняты для жиров природных продуктов.

Как видно из данных табл. 31, содержание влаги в хлебе и хлебных изделиях действительно является одним из основных факторов, влияющих на ЭЦ хлеба. Например, хлеб из М-Рж об при $W_{\text{влаг. изд.}}$ 47,5% имеет ЭЦ = 795,49 кДж/100 г, а армейские сухари из этого хлеба при их влажности 11% — 1334,90 кДж/100 г, т. е. в 1,7 раза большую.

Существенно отметить и то, что чем больше выход муки, тем выше $W_{\text{влаг. изд.}}$ из нее и соответственно ниже величины ЭЦ.

$W_{\text{влаг. изд.}}$ из ржаной муки несколько выше $W_{\text{влаг. изд.}}$ из пшеничной муки примерно того же выхода, а величины ЭЦ изделий из ржаной муки соответственно ниже.

Степень покрытия потребности взрослого человека в энергии за счет потребления хлебных изделий. Взрослому человеку необходимо получать в его пищевом рационе 11932 кДж в день. Исходя из данных, приведенных в п.п. 14—16 табл. 31, и ежедневного потребления взрослым человеком 150 г столового хлеба, 150 г хлеба из М-Пш II с и 150 г нарезного батона из М-Пш I с, легко подсчитать, что ЭЦ этого количества перечисленных изделий равняется 4060 кДж.

Таким образом, потребление хлеба и хлебных изделий играет существенную роль в энергетическом балансе питания взрослого человека, примерно на одну треть (на 34%) покрывая его потребность в энергии.

БЕЛКОВАЯ ЦЕННОСТЬ ХЛЕБА И ЗНАЧЕНИЕ ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ В БЕЛКОВОМ БАЛАНСЕ ПИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Белковые вещества играют очень существенную роль в питании человека, физиологических функциях и состоянии его организма. Белок пищи является источником восстановления и обновления клеток и тканей организма. Белковые вещества являются составной частью протоплазмы клеток, в которой происходит процесс распада белка и одновременный его синтез за счет белка пищи. Белок является также составной частью ядер и других оргanelл клеток и межклеточных веществ. Специфические белки входят и в состав ферментов, гормонов и других образований, выполняющих очень важные функции в нашем организме.

В белках пищи большое значение имеет их аминокислотный состав. Из 20 аминокислот, входящих в состав пищевых белков, 8 (изолейцин, лейцин, лизин, метионин, фенилаланин, триптофан, треонин и валин) считаются незаменимыми аминокислотами, так как не могут в нашем организме синтезироваться и поэтому должны обязательно поступать с белками пищи.

Полагают, что из числа незаменимых аминокислот одной из самых важных является лизин. Недостаток его в пище приводит к нарушениям в кроветворении, снижению количества эритроцитов и уменьшению содержания в них гемоглобина. Особое значение придается также триптофану и метионину.

При современной оценке аминокислотного состава отдельных пищевых продуктов или рационов за такой оптимально аминокислотный сбалансированный эталон принимается так называемый идеальный белок. В 1 г этого белка содержится (в мг): изолейцина 40, лейцина 70, лизина 55, метионина и цистина в сумме 35, фенилаланина и тирозина в сумме 60, триптофана 10, треонина 40 и валина 50.

Отметим, что в перечне аминокислот идеального белка наряду с незаменимыми фигурируют и 2 заменимых аминокислоты: цистин (в сумме с метионином) и тирозин (в сумме с фенилаланином). Очевидно, каждая из этих пар аминокислот сопряжена по их действию в организме человека.

Зная содержание отдельных аминокислот в белке оцениваемого пищевого продукта (в мг на 1 г белка), можно для него определить степень соответствия аминокислотному составу идеального белка. Для этого надо содержание интересующей нас аминокислоты в белке оцениваемого продукта (в мг/1 г белка) выразить в процентах к содержанию данной аминокислоты в идеальном белке. Это процентное соотношение принято обозначать термином скор (по данной аминокислоте).

Пример. В 1 г белка оцениваемого продукта содержится 4 мг триптофана, в идеальном же белке триптофана 10 мг/1 г. Следовательно, белок оцениваемого продукта содержит только 40% триптофана от его содержания в «идеальном белке».

В данном примере — скор по триптофану равен 40%.

В таблицах химического состава пищевых продуктов [39] для отдельных продуктов приведены значения скор только по двум, наиболее недостаточным в данном продукте (лимитирующим) аминокислотам. Однако для правильной оценки аминокислотного состава отдельных продуктов и их важности в аминокислотном составе рациона питания необходимо знать скор не только по лимитирующим, но и по избыточным отдельным аминокислотам. Скор этих «избыточных» аминокислот будет также выражаться в процентах, но будет превышать 100%.

Аминокислотный состав белков животного происхождения (белки яиц, молока, мяса, животных, птиц и рыбы) значительно ближе к аминокислотному составу идеального белка, чем белки растительного происхождения, в частности белки зерна, муки и хлеба.

В связи с этим в нормативах дневной потребности человека в белках пищи предусматриваются величины общей потребности в белке, в том числе особо — потребности в животном белке. Учтена и потребность в важнейших аминокислотах.

Мы условно приняли, что взрослый статистически усредненный человек ежедневно съедает 450 г хлебных изделий (150 г столового хлеба, 150 г хлеба из М-Пш II с и 150 г нарезного батона из М-Пш I с).

Данные, приводимые в табл. 32, показывают, сколько в этом количестве изделий содержится белка и важнейших для питания аминокислот, а также степень покрытия за счет хлеба потребности взрослого человека в белке и аминокислотах.

Таблица 32

Пищевые вещества	Средняя дневная потребность	Содержание в 450 г хлеба изделия	Покрывает потребность
Белок, г			
в целом	90	34,2	38,0
растительные	40	34,2	85,5
Аминокислоты, мг			
изолейцин	3500	1309,5	37,4
лейцин	5000	2334,0	46,7
лизин	4000	922,5	23,1
метионин	3000	556,0	18,5
метионин + цистин	3500	1353,0	24,6
фенилаланин + тирозин	6500	2757,0	42,4
триптофан	1000	401,5	40,2
треонин	2500	1092,0	43,7
валин	3500	1579,5	45,1

Данные, приведенные в табл. 32, позволяют отметить, что потребление взрослым человеком 450 г указанных сортов хлебных изделий играет существенную роль в покрытии его потребности в белке и наиболее важных аминокислотах. Общая дневная потребность в белке (90 г) покрывается на 38%, а потребность в растительном белке (90—50=40 г) на 85,5%. Потребность в отдельных, приведенных в таблице аминокислотах удовлетворяется в пределах от 23,1 до 58,1%.

Резко недостаточно покрывается потребность в лизине (всего лишь на 23,1%) — аминокислоте, наиболее дефицитной и в мировом балансе питания человечества.

Недостаточно удовлетворяется и суммарная потребность в метионине и цистине — на 24,6%, а в метионине только на 18,5%.

Отметим, кстати, что и скор по лизину у белка трех сортов хлеба, принятых в качестве потребляемых взрослым человеком, был наименьшим и был равен у белка: столового хлеба 57,4%, хлеба из М-Пш II с 49,6% и нарезного батона из М-Пш I с — только 40,5%.

Поэтому ниже приводится содержание белка и его скор по лизину в отдельных видах белоксодержащего хлебопекарного сырья.

Основным видом сырья является мука. Белковая ценность муки зависит от вида зерна (пшеница или рожь), сорта и выхода муки.

В муке пшеничной высшего, I и II сорта и обойной белка содержится соответственно 10,3; 10,6; 11,7 и 12,7%, а в муке ржаной сеяной, обдирной и обойной содержание белка соответственно 6,9; 8,9 и 10,7%.

Более высокое содержание белка в пшеничной муке по сравнению с мукой ржаной обусловлено содержанием белка в зерне (у пшеницы мягкой озимой и яровой 11,6 и 12,7%, а у ржи — 9,9%).

Однако скор по лизину у белка обойной муки из ржи и пшеницы равен соответственно 61 и 57%, т. е. выше у белка ржи.

Следует отметить и то, что чем выше сорт муки и соответственно ниже ее выход, тем ниже содержание в муке белка. Так, например, в муке пшеничной высшего сорта белка 10,3%, а в муке пшеничной обойной 12,7%.

Скор по лизину для белка пшеничной муки высшего и I сортов и обойной также существенно различен и равен соответственно 44, 50 и 57%, т. е. тем выше, чем больше выход муки и чем выше содержание в данном сорте муки измельченных частиц периферийных слоев зерна.

Следует учитывать содержание и аминокислотный скор белка и других видов хлебопекарного сырья.

У таких видов сырья, как прессованные дрожжи, творожная сыrovотка и сухое обезжиренное молоко, содержание белка равно 12,7; 0,8 и 37,9%, а скор белка по лизину — 130,7; 136,4 и 108,4%. Белок этих видов сырья очень выгодно отличается от белков муки по содержанию наиболее дефицитной аминокислоты — лизина.

Указанное выше о белковой ценности хлеба и хлебных изделий, факторах и показателях, ее обуславливающих, позволяет полагать, что основными задачами повышения белковой ценности этих важнейших продуктов питания являются: повышение содержания в этих изделиях белка путем включения в их рецептуру дополнительных видов сырья и добавок с повышенным по сравнению с мукой содержанием белка и наиболее дефицитных в муке и хлебе аминокислот — лизина и треонина. Белок этих видов сырья и добавок должен иметь и соответственно более высокий скор по лизину и метионину;

тщательная и глубокая проверка отобранных белковых обогатителей хлеба с точки зрения их пищевой допустимости и отсутствия в них веществ и компонентов, которые могут отрицательно влиять на физиологические процессы, происходящие в организме человека.

РОЛЬ УГЛЕВОДОВ ХЛЕБА В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА И СТЕПЕНЬ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В НИХ ЗА СЧЕТ ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Углеводы, как один из источников энергии в нашем организме, способны в нем окисляться как аэробным, так и анаэробным путем. Углеводы входят в состав клеток и тканей нашего организма и постоянно расходуются на энергетические цели. Углеводы и их метаболиты играют важную роль в синтезе нуклеиновых кислот, аминокислот, гликопротеидов, козанимов и других жизненно важных веществ.

Отдельные углеводы обладают биологической активностью; например, аскорбиновая кислота обладает С-витаминными свойствами, гепарин предотвращает свертывание крови в сосудах, галак-

роновая кислота препятствует проникновению бактерий через стенки кровеносных сосудов.

Такие углеводы, как сахара, вызывают ощущение сладости пищевых продуктов, в которых они содержатся.

Способность организма депонировать (запасать) углеводы ограничена. Поэтому для удовлетворения потребностей организма в углеводах он должен бесперебойно получать их с пищей.

Углеводы тесно связаны с обменом жира в нашем организме. При усиленной затрате энергии и недостаточном поступлении углеводов из жира образуются сахара. Чаще, однако, наблюдается обратное — новообразование в организме жира за счет избыточного поступления углеводов в пищу. Это один из основных факторов, обуславливающих чрезмерное и вредное человеку нарастание массы его тела.

В таблицах химического состава пищевых продуктов [39] для зерна, муки и хлеба приводятся данные о содержании в них общего количества углеводов и отдельных моно- и дисахаридов и таких полисахаридов, как крахмал и декстрины, клетчатка (очевидно, целлюлозы — Л. А.), гемицеллюлозы, а в таблицах по плодам и овощам — также и пектина.

Углеводы подразделяются на усвояемые (сахара, крахмал, декстрины, а также гликоген) и неусвояемые (лигулин, маннан, целлюлоза, гемицеллюлозы, гумми-вещества и слизи). При определении ЭЦ продукта учитывается содержание в нем только усвояемых углеводов. Однако и неусвояемые углеводы (в табл. 29 они именуются балластными веществами) играют в организме человека весьма существенную и нужную роль, положительно влияя на моторные функции пищеварительного тракта, на перистальтику кишечника и жизнедеятельность в нем полезной микрофлоры. Положительная роль этих веществ в организме человека отмечается рядом исследователей, часто объединяющих целлюлозу, гемицеллюлозы и лигнин под общим названием пищевая или сырая клетчатка.

Чем больше выход муки из размалываемого зерна, тем больше доля в ней частиц измельченных оболочек зерна, значит, и пищевой клетчатки.

С этой позицией многие исследователи (см. например [13 и др.]) полагают физиологически неоправданным все большее сокращение выработки хлеба из муки высшего выхода за счет все большего увеличения выработки хлеба и хлебных изделий из муки высшего и I сортов. Не случайно в ряде стран практикуется производство хлеба из «целого зерна» (точнее, муки, содержащей все структурные части зерна).

Полагают, что в рационально сбалансированной углеводной части пищевого рациона доля крахмала в общей массе углеводов должна составлять ~75%, доля сахаров ~20%, пектиновых веществ ~3% и клетчатки ~2%.

Потребность человека в углеводах удовлетворяется в основном за счет пищевых продуктов растительного происхождения. Так,

например, в зерновых продуктах на долю углеводов приходится около трех четвертей их сухих веществ.

Значение животных продуктов как источников углеводов невелико. Основным углеводом животных тканей (аналогом крахмала растений) является гликоген, но содержание его невелико.

В молоке, продукте также животного происхождения, содержится и такой углевод, как лактоза, но в количестве до 5%. В сухом обезжиренном молоке содержание лактозы может доходить уже примерно до 50% от массы продукта.

В табл. 33 приведены данные, отражающие потребность взрослого человека в основных видах углеводов, содержание углеводов в 450 г съедаемых им хлебных изделий и покрытие за счет этих изделий потребности в углеводах.

Таблица 33

Пищевые вещества	Средняя дневная потребность	Содержание в 450 г хлебных изделий	Покрытие потребности, %
Крахмал и декстрины, г	425	174,15	41,0
Моно- и дисахариды, г	75	13,08	17,4
Валидные вещества (гемицеллюлозы и клетчатка), г	25	14,3	57,2

Данные, приведенные в табл. 33, свидетельствуют о том, что 450 г хлебных изделий являются важным источником удовлетворения потребности взрослого человека в углеводах. Потребность покрывается: в крахмале и декстринах — на 41%, в балластных веществах — на 57,2%, а в моно- и дисахаридах — только на 17,4%. В случае включения в рацион более сладких видов хлебных изделий потребность в сахарах покрывалась бы в соответствии большей степенью.

ЗНАЧЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ ХЛЕБА В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА И СТЕПЕНЬ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В НИХ ЗА СЧЕТ ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Органические кислоты, получаемые человеком в пище, также имеют существенное значение в процессах, происходящих в организме. Они активизируют деятельность пищеварительного тракта, снижая pH среды и способствуя изменению состава микрофлоры в благоприятную сторону.

Потребность взрослого человека в органических кислотах равна 2 г в день.

Органические кислоты, содержащиеся в 450 г трех сортов хлебных изделий, условно съедаемых ежедневно взрослым человеком, удовлетворяют потребность в этих кислотах на 49,5%. Из этого следует, что и в этом отношении хлебные изделия в пищевом рационе имеют существенное значение.

ЗНАЧЕНИЕ ЖИРОВ ХЛЕБА В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА И СТЕПЕНЬ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В НИХ ЗА СЧЕТ ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Мы уже отмечали наибольшую удельную ЭЦ жиров при окислении их в нашем организме.

Физиологическое значение жиров обусловлено и тем, что они являются структурной частью клеток и тканей, в том числе нервной ткани. Жиры являются и растворителями витаминов А и D и способствуют их усвоению. В составе жиров содержатся полиненасыщенные жирные кислоты, фосфолипиды и другие вещества, обладающие соответствующей биологической активностью.

Недостаточность жира в пище может вызвать ряд нарушений в организме (в центральной нервной системе, в иммунобиологическом механизме, в функциях почек, органов зрения и др.).

Следует иметь в виду, что и избыточное потребление жира, особенно животного, также вызывает отрицательные явления в организме. Данные средней потребности взрослого человека в жирах, полиненасыщенных жирных кислотах и фосфолипидах, о содержании этих веществ в 450 г трех видов хлебных изделий и покрытии за счет этих изделий потребности в этих липидах приведены в табл. 34.

Таблица 34

Пищевые вещества	Средняя дневная потребность, г	Содержание в 450 г хлебных изделий, г	Покрытие потребности, %
Жиры	90	8,03	8,9
Полиненасыщенные жирные кислоты	4	2,48	62,0
Фосфолипиды	5	1,17	23,4

Из трех видов хлебных изделий, отображенных в табл. 34, только нарезной батон из М-Пш 1 с предусматривает по рецептуре внесение в тесто 3,5 кг жира (маргарина) на 100 кг муки. Поэтому ежедневное употребление в пищу 450 г этих хлебных изделий только на 8,9% покрывает потребность в жире взрослого человека. Потребность же в полиненасыщенных кислотах покрывается на 62%, по фосфолипидам — на 23,4%.

ЗНАЧЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ХЛЕБА В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА И СТЕПЕНЬ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В НИХ ЗА СЧЕТ ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Минеральные элементы и соединения относятся к жизненно необходимым компонентам питания, обеспечивающим развитие и нормальное функционирование организма человека.

Минеральные вещества наряду с другими пищевыми веществами участвуют в биологических процессах, происходящих в организме, имеют свою специфическую активность и могут считаться типичными биозементами.

Функции минеральных веществ разносторонни. Кальций, фосфор и магний обеспечивают построение и нормальное состояние тканей скелета; фтор необходим для устойчивости эмали зубов к кариесу; железо и медь выполняют роль переносчиков кислорода; натрий и калий поддерживают нормальную осмотическую среду клеток в крови; хлор необходим для образования соответствующих пищеварительных соков; кобальт входит в состав витамина B₁₂; недостаток йода в воде и пище вызывает эндемическое заболевание — щитовидной железой и т. д.

Более полное и детальное рассмотрение роли и физиологических функций отдельных минеральных веществ можно найти в специальной литературе по гигиене питания [23, 24, 25, 26].

Следует иметь в виду, что избыток ряда минеральных веществ в пище человека (фосфора, магния, хлорида) может отрицательно влиять на состояние человеческого организма. В частности, избыток поваренной соли затрудняет деятельность сердца и почек и отрицательно сказывается на состоянии соответствующих категорий больных.

Данные о дневной потребности взрослого человека в минеральных веществах, приведенные в табл. 29, включают сведения по 15 минеральным элементам и соединениям. В данном разделе мы ограничимся приведением данных о содержании в хлебных изделиях и удовлетворении за счет них потребности человека только по четырем минеральным веществам.

К этим веществам мы отнесли: кальций, фосфор и магний, от поступления которых с пищей зависит состояние костных тканей организма, и железо, входящее в состав гемоглобина и играющее исключительно важную роль в кроветворении. Недостаточное поступление в организм железа приводит к анемии. Очень важной функцией железа является его активное участие в окислительных процессах, обеспечивающих организм энергией.

Данные, приведенные в табл. 35, показывают, в какой мере потребление хлебных изделий покрывает потребность взрослого человека в отдельных минеральных элементах.

Данные, приведенные в табл. 35, дают основание сделать следующие заключения о хлебных изделиях как источнике минеральных веществ.

За счет 450 г хлебных изделий потребность в кальции покрывается только на 11,5%, в фосфоре — на 45,6% и в магнии — на

Таблица 35

Минеральные элементы	Средняя дневная потребность, мг	Содержание в 450 г хлебных изделий, мг	Покрытие потребности, %
Кальций	900	103,5	11,5
Фосфор	1250	570,0	45,6
Магний	400	12,5	3,1
Железо	15	12,7	84,7

43,1%. Таким образом, наиболее дефицитен в хлебных изделиях кальций.

Это усугубляется тем, что содержание кальция наиболее высоко в молочных продуктах, которыми население ряда регионов страны обеспечено еще в недостаточной мере.

Физиологически оптимальным [23, 25, 39] является соотношение кальция : фосфор в пределах от 1 : 1 до 1 : 1,5 или как максимум до 1 : 2.

В характеризуемых хлебных изделиях это соотношение равно 1 : 5,5, т.е. содержание фосфора по отношению к содержанию кальция намного превышает оптимальное.

То же наблюдается и в соотношении кальций : магний. Оптимально соотношение от 1 : 0,44 до 1 : 0,7, а в принятых хлебных изделиях оно равно 1 : 2,3. Эта величина соотношения тоже выше оптимальной.

Избыточное по отношению к кальцию содержание фосфора, особенно в виде фитиновых соединений, так же как и избыточное содержание магния, снижает усвоение человеческим организмом и так резко недостаточного в хлебных изделиях кальция.

Из этого следует, что в части минерального обогащения хлеба и хлебных изделий наиболее важной задачей является обогащение его кальцием, причем в виде соединений, наиболее легко и полно усваиваемых человеческим организмом (например, лактатом кальция).

Потребность взрослого человека в железе за счет 450 г принятых нами хлебных изделий удовлетворяется на 84,7%.

Следует отметить, что содержание железа в муке тем ниже, чем выше ее сорт и ниже выход из размалываемого зерна. Поэтому для потребителей, питающихся хлебными изделиями только из пшеничной муки высшего и I сортов, вопрос обогащения этих изделий железом очень актуален.

Решение проблемы обогащения хлеба и хлебных изделий железом очень важно в связи с исключительной ролью железа в системе кроветворения организма человека.

ЗНАЧЕНИЕ ВИТАМИНОВ ХЛЕБА В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА И СТЕПЕНЬ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В НИХ ЗА СЧЕТ ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Значение витаминов для организма человека очень велико, так как они необходимы [25] для нормального течения биохимических реакций, усвоения других пищевых веществ, роста и восстановления клеток и тканей организма.

Витамины, выполняя роль кофакторов, участвуют также в образовании и функционировании ферментных систем в нашем организме.

Значительный дефицит определенных витаминов в рационе питания вызывает авитаминозы — заболевания иногда с тяжелыми проявлениями.

Перечень основных витаминов и дневная потребность в них взрослого человека приведены в табл. 29.

Витамины А, С и D вообще не содержатся в зерне, муке и хлебе. Правда, в этих продуктах содержатся каротиноиды, которые в организме животных и человека могут частично быть превращены в витамин А. Витамин B₁₂ также практически не содержится в продуктах растительного происхождения, в том числе и в хлебе.

Витамины, содержащиеся в зерне и переходящие в муку и хлеб, распределены в зерне неравномерно. Их содержание наименьшее в центральной части эндосперма зерна и значительно более высокое в его зародыше и оболочках. Поэтому чем больше выход муки и содержание в ней измельченных периферических частей зерна, тем выше и содержание в муке и хлебе из нее витаминов. Относительно высоко содержание витаминов в дрожжах.

Следует учитывать, что в процессе выпечки хлеба отдельные менее термостабильные витамины (например, витамины B₁, B₂ и E) частично теряют свою активность. Это происходит в основном в корке хлеба и в значительно меньшей степени в его мякише. Наиболее термоустойчив витамин PP.

В табл. 36 приведены данные о средней дневной потребности взрослого человека в витаминах B₁, B₂, B₃, B₆, B₉, E и PP, их содержание в 450 г принятых нами трех сортов хлебных изделий и о том, в какой степени это количество изделий удовлетворяет потребности в этих витаминах.

Таблица 36

Витамин	Средняя дневная потребность, мг	Содержание в 450 г хлебных изделий, мг	Покрываемость потребности, %
B ₁ — тиамин	1,75	0,95	54,3
B ₂ — рибофлавин	2,25	0,42	18,7
B ₃ — пантотеновая кислота	7,5	1,88	25,1
B ₆ — пиридоксин	2,5	0,97	38,8
B ₉ — фолаты	0,3	0,11	37,0
E — токоферолы	17,5	13,32	76,1
PP — ниацин	20,0	9,54	47,7

Данные табл. 36 показывают, что хлеб и хлебные изделия играют весьма существенную роль в покрытии потребности взрослого человека в таких витаминах, как E, B₁, PP, B₂ и B₉. На 1/4 покрывается и потребность в витамине B₃. Хуже всего удовлетворяется потребность в витамине B₆ — рибофлавине — лишь на 18,7%. В связи с этим очень важно при подборе продуктов-обога- тителей для повышения пищевой ценности хлеба учитывать и содержание в этих продуктах рибофлавина.

Из этих же данных следует исходить и при витаминизации муки синтетическими препаратами витаминов.

ВКУС, АРОМАТ И ДРУГИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИ ВОСПРИНИМАЕМЫЕ СВОЙСТВА ХЛЕБА

На пищевую ценность хлеба и хлебных изделий влияют также их свойства, органолептически (сенсорно)¹ воспринимаемые потребителем или дегустатором.

В процессе органолептической оценки свойства хлеба воспринимаются и характеризуются ощущения вкуса, аромата и текстуры.

Ощущения вкуса воспринимаются рецепторами, расположенными в полости рта на языке. Ощущения вкуса хлеба могут восприниматься только в процессе его разжевывания.

Ощущения аромата (запаха) воспринимаются обонятельными рецепторами, расположенными в верхней части носовой полости.

Вещества, обуславливающие аромат или запах продукта, обладают той или иной степенью летучести. Поэтому основным способом определения этих свойств у хлебобулочного продукта является вдыхание через нос воздуха непосредственно над поверхностью хлеба.

Для хлеба — это вдыхание воздуха непосредственно над поверхностью белого хлеба или свежевыпеченного ломтя. Однако аромат (запах) хлеба частично улавливается и при съедании хлеба. При разжевывании хлеба и смешивании его со слюной пережевываемая масса прогревается, часть содержащихся в ней ароматных (запаховых) веществ улетучивается и из полости рта поступает в верхнюю часть носовой полости, где и воспринимается рецепторами аромата (запаха). При этом ощущения аромата в сознании человека как бы складываются с собственно вкусовыми свойствами хлеба.

Ощущения текстуры хлеба и других видов хлебных изделий органолептически воспринимаются потребителем и также учитываются при оценке его качества и состояния.

У хлеба потребитель органолептически определяет сопротивление, которое он оказывает при надавливании пальцами руки или лопаточкой (ложечкой) на поверхность изделия, или на мякни на разрезе, или на поверхность ломтя изделия с целью определения степени его свежести или черствости; сопротивление и усилие при откусывании от ломтя; затрату усилий на разжевывание откусанной порции, ощущения свойства разжевываемой массы (комкуется, ломится, рассыпается или неоднородная по консистенции), которые могут положительно или отрицательно восприниматься и при проглатывании разжевываемой массы. У некоторых видов изделий (слобные сухари, хлебные палочки или «соломы», хрустящие хлебцы и т. п.) дополнительно ощущаются и оцениваются такие свойства, как прочность, хрупкость и хруст при откусывании и разжевывании. При этом хруст ощущается и с помощью слуха.

Для определения ряда свойств, характеризующих текстуру хлеба и хлебных изделий, разработаны соответствующие реологические инструментальные методы.

Участвует в оценке качества хлеба и наше зрение, фиксирующее внешний вид хлеба, правильность его формы, состояние.

¹ Сущность терминов «органолептически» и «сенсорно» одинакова: это определение свойств продукта с помощью органов чувств человека. Ряд авторов применяют термин «сенсорно» только к органолептическому определению свойств продукта специально отобранными и обученными специалистами-дегустаторами и при проведении дегустации в соответствующей обстановке.

характер и степень окрашенности поверхности корки, а у ломтей хлеба — структуру пористости и цвет мякни.

Комплекс всех этих органолептически воспринимаемых и оцениваемых свойств хлеба в конечном счете обуславливает и общую оценку его качества потребителем.

От уровня этой оценки зависит и удовольствие (или неудовольствие), получаемое во время еды, и аппетит, с которыми хлеб съедается. Чем больше аппетит, с которым хлеб съеден, тем выше и удовольствие от пищи.

Вероятно, поэтому в ряде стран при органолептической оценке качества пищевых продуктов применяется английский термин «флавор» Flavour (в США — Flavor), комплексно сочетающий приятные и свойственные оцениваемому продукту ощущения его вкуса, аромата (запаха) и текстуры продукта.

Продукты, при органолептическом определении свойства которых устанавливаются неприятные или нежелательные продукты привкусы, запахи или структура, комплекс этих нежелательных ощущений объединяют термином OH-Flavour.

Но русский язык термина Flavour переводит как «спилный» (по-русски — заусеность). Тогда термин OH-Flavour можно перевести как «некусность».

И тот и другой термин комплексно объединяют ощущения и собственно вкуса, и аромата (запаха), и текстуры продукта.

При дегустационной оценке вина приняты следующие термины «бухель», также комплексно объединяющий сумму всех ощущений, воспринимаемых органолептически при оценке пробы вина определенного вида и сорта.

Мы уже отмечали, что свойства продукта, воспринимаемые обонянием, обозначаются словами «аромат» либо «запах» как в отечественной, так и зарубежной литературе и документации, связанной с органолептической оценкой свойств хлеба и других продуктов. В наших ГОСТах на хлеб и хлебные изделия воспринимаемые обонянием ощущения именуются только словом «запах».

Однако в русском языке, да и в нашем сознании, понятие «аромат продукта» ассоциируется с приятным и свойственным данному продукту ощущением, воспринимаемым обонянием. Термин же «запах» чаще ассоциируется с неприятным или нежелательным данному продукту обонятельным ощущением.

Правильнее было бы учитывать это различие и, говоря о воспринимаемых обонянием свойствах продукта, соответственно применять термины аромат или запах.

Слово вкус также ассоциируется со специфическим для данного продукта приятным ощущением. Поэтому неприятные или нежелательные данному продукту вкусовые ощущения правильнее именовать словом привкус.

Вкус хлеба

Органолептически различаются четыре основных вкуса — сладкий, кислый, соленый и горький.

Степень сладости хлеба обуславливается содержанием в нем остаточных сахаров, количество которых зависит от сахаробразующей способности муки, количества и активности броуляющей микрофлоры в тесте, способов и параметров приготовления теста и в очень значительной степени от количества сахара, внесенного в тесто по рецептуре.

Количество сахара в тесте и хлебе и его сладость повышается в случае применения ферментных препаратов амилотического действия и при внесении в тесто видов сырья с высоким содержанием лактозы (например, сухого обезжиренного молока) и ферментного препарата β-галактозидазы, гидролитически расщепляющего лактозу на глюкозу и галактозу.

Степень сладости хлеба зависит не только от общего количества в нем сахара, но и от того, какие сахара и в каком соотношении содержатся в хлебе. Это обусловлено тем, что разные сахара имеют соответственно различную относительную сладость. Если принять сладость сахарозы за 100, то сладость

отдельных сахаров будет следующей [23, с. 46]: фруктозы 173; инвертного сахара 130; глюкозы 74; галактозы 32,1; рафинозы 22,6; лактозы 16.

Из приведенных данных ясно и то, почему расщепление лактозы повышает сладость хлеба.

Степень кислотности хлеба обусловлена количеством и составом кислот, содержащихся в нем.

Факторы, влияющие на кислотообразование, состав и соотношение кислот, образующих в тесте броидильной микрофлорой, изложены в главах V и VI. Там указан состав этих кислот и отмечено, что количественно основными являются молочная кислота (молочная) и уксусная кислота (дегущая). Отмечено также, что чем больше доля уксусной кислоты при том же уровне общей кислотности, тем реже ощущается кислый вкус хлеба.

В хлебе из числа летучих кислот могут присутствовать и такие, как муравьиная, пропионовая, масляная, изомасляная и т. п. Возрастание содержания отдельных из них (в частности, пропионовой и масляной) может придавать специфический оттенок вкусовым ощущениям при дегустации хлеба.

Соленый вкус хлеба и хлебных изделий обусловлен в основном количеством соли, внесенной в тесто по рецептуре изделия. В изделиях, посыпанных солью, соленость при потреблении или дегустации ощущается, естественно, во много раз реже.

Горький привкус у хлеба обычно не ощущается. Причиной его возможного появления чаще всего является применение дефектного по вкусовому отношению сырья: муки с горьковатым привкусом; муки из пшеничного и заплесневелого зерна, прогоркших жировых продуктов и т. п.

Выпечка хлеба в условиях, вызывающих образование на нем горелой корки, также может вызывать ощущение при разжевывании горьковатого привкуса. Этот привкус обусловлен тем, что при резком перегреве корки в ней происходит процесс карамелизации (пиролиза) сахаров. При этом в числе продуктов пиролиза образуются и высокомолекулярные вещества, горькие на вкус. Усиливается в горелой корке и интенсивность процесса меланоидинообразования, при котором и в качестве побочных продуктов также могут образовываться некоторые количества труднолетучих горьковатых веществ [32].

Следует отметить, что названные выше четыре вкусовых ощущения воспринимаются при дегустации одновременно и в различных сочетаниях интенсивности отдельных из этих ощущений.

Степень и характер кислотности хлеба из ржаной обойной муки резко отличается, например, от интенсивности и характера этого вкусового ощущения от хлеба из пшеничной муки высшего или I сорта. То же можно отметить и в отношении степени ощущения сладости сдобных (с высоким содержанием сахара по рецептуре) и несдобных (без внесения в тесто сахара) хлебных изделий.

ГОСТы на хлеб, булочки и другие хлебные изделия включают и требования к вкусу и запаху этих изделий. Отмечается, что хлеб и хлебные изделия должны иметь вкус, свойственный данному виду изделий, без признаков горечи и постороннего привкуса. Для отдельных видов хлебных изделий приведены и специфические для них требования.

Аромат (запах) хлеба

Вещества, образующие аромат хлеба. Исследование содержания в хлебе отдельных ароматообразующих веществ началось [32] в 1910 г. За период с 1910 по 1956 г. в хлебе было обнаружено и идентифицировано всего лишь 9 таких веществ (мальтол, изомаль-

тол, диацетил, ацетон, фурфурол, оксиметилфурфурол, ацетальдегид, изобутаналь и метилглюксаль). В последующие годы в связи с совершенствованием аналитических методов количество вновь открываемых ароматообразующих веществ стало резко возрастать.

К 1974 г. количество ароматообразующих веществ стало резко возрастать, идентифицированных в тесте, хлебе и ларях упека, возросло уже до 211. В число этих веществ входят углеводороды (4), гетероциклические углеводороды (28), спирты (17), фенолы (6), альдегиды (44), кетоны (31), кислоты (23), лактоны (9), серосодержащие соединения (9), эфиры (17) и амины (23).

Из этого перечня следует, что на долю карбонильных соединений (альдегиды и кетоны) приходится около $\frac{1}{3}$ общего количества ароматообразующих веществ хлеба.

За 1975—1977 гг. количество обнаруженных ароматообразующих веществ возросло до 283. Это дополнительно усложняет установление роли отдельных из этих веществ в сенсорно воспринимаемом и комплексно ощущаемом аромате хлеба.

Сложность состоит в том, что разные по составу и количественному соотношению отдельных ароматообразующих веществ их комбинации и смеси могут обладать резко различным по характеру ароматом. Это хорошо знают и используют парфюмеры, создавая духи с разными типами и оттенками аромата.

Нельзя не учитывать и того, что отдельные ароматообразующие вещества при небольшой концентрации их в продукте придают ему приятный аромат, а при резко повышенном их содержании могут у этого же продукта вызвать очень неприятный запах. Так, например, диацетил и ацетон при обычном их содержании в хлебе участвуют в создании его приятного аромата. У хлеба же, заболителем картофельной болезнью, их содержание увеличивается в 100 раз и более и это придает хлебу такой неприятный запах и вкус, что есть его невозможно.

Многие из идентифицированных в хлебе вещества, образующих его вкус и аромат, содержатся в нем в столь ничтожных количествах, что их присутствие не может быть установлено и воспринято человеком с помощью соответствующих органов чувств. В связи с этим и было предложено понятие пороговой концентрации этих веществ, под которой подразумевается наименьшая сенсорно ощущаемая концентрация их. Введено было [32, с. 177—178] и понятие коэффициента ароматичности отдельных ароматообразующих веществ. Величина этого коэффициента получается делением фактического содержания в хлебе рассматриваемого вещества (в мг/кг) на его пороговую концентрацию (в мг/кг). Если коэффициент менее единицы, то данное вещество в данном образце хлеба не может быть сенсорно ощущено.

Опубликованные численные значения пороговых концентраций ряда ароматообразующих веществ [32, с. 176] определялись в их водных растворах. Та же концентрация того же вещества в корке и мякише хлеба может ощущаться с иной интенсивностью. К тому же в хлебе присутствует не только данное ароматообразующее вещество, а целый их комплекс, который может быть различным как по сочетанию, так и по соотношению отдельных компонентов.

Каково современное состояние вопроса об аналитически определяемых индикаторах аромата хлеба?

В 1961 г. Р. Р. Токарева и В. Л. Кротович предложили метод определения аромата хлеба по количеству карбонильных соединений (альдегидов и кетонов), связываемых дисульфитом натрия. Этот метод и по настоящее время используется в работах ряда наших исследователей аромата хлеба. В 1965 г. чехословацкие исследователи применили подгруппировочный метод определения в хлебе суммарного количества карбонильных соединений.

М. Рота и др. предложили определить в качестве показателя интенсивности аромата хлеба в 1967 г. содержание в хлебном изделии пумперникель — фур-

фурала и 5-оксиметилфурфурола, а в 1972—1974 гг. в пшеничном хлебе — изопентанол [32].

Можно полагать, что индикатором резко неприятного запаха хлеба, заболевающего картофельной болезнью, может явиться в 100—200 раз большее, чем у нормального хлеба, содержание дианетала и ацетона. Однако запах такого хлеба столь отвратителен и очевиден, что аналитические индикаторы его наличия просто не нужны.

Исследователи аромата ряда других злаковых и вкусовых продуктов полагают, что индикатором их аромата является не содержание отдельных ароматообразующих веществ, а количественное соотношение определенных из них, например в вине соотношение изопентанол:изобутанол [32].

В перспективе, по крайней мере, ближайших лет количество открытых и идентифицированных ароматообразующих веществ хлеба будет продолжать увеличиваться. Это еще более усложнит установление роли и значения отдельных из этих веществ в комплексе, ощущаемом человеком аромате хлеба. Поэтому все большее значение приобретает установление аналитически просто и быстро определяемых веществ или их групп, которые могли бы являться надежными индикаторами комплексно воспринимаемого и ощущаемого аромата хлеба. Надежность таких индикаторов аромата хлеба должна быть подтверждена четкой корреляционной связью между их содержанием в хлебе и результатами высококвалифицированной сенсорной, количественно (в баллах) выражаемой оценки его аромата.

Возможно, что для существенно различных по вкусу и аромату видов хлеба и хлебных изделий придется устанавливать разные индикаторы, учитывающие специфику их аромата.

Процессы и факторы, обуславливающие аромат хлеба. Вещества, обуславливающие аромат и вкус хлеба, и их «предшественники» начинают образовываться уже в процессе приготовления теста и расстойки тестовых заготовок. На этих стадиях технологического процесса в результате спиртового и молочнокислого брожения в тестовых полуфабрикатах образуются копечные, промежуточные и побочные продукты этих видов брожения, а частично и продукты их взаимодействия (спирты, органические кислоты, эфиры, карбонильные соединения и т. п.).

В результате амилолиза крахмала муки в процессе приготовления теста образуются восстанавливающие сахара, а в результате протеолиза белков — пептиды и частично свободные аминокислоты. Эти сахара и продукты гидролиза белка, как известно, являются необходимыми компонентами процесса меланоидинообразования в корке хлеба при последующей его выпечке.

Следовательно, процессы, происходящие при приготовлении и брожении теста, тоже играют существенную роль в создании не только вкуса, но и аромата хлеба. Это, несомненно, должно учитываться при разработке современных прогрессивных схем ускоренного приготовления теста.

Однако не только вещества, образующиеся при приготовлении и брожении теста, обуславливают аромат хлеба.

Первостепенное значение в образовании аромата хлеба имеют процессы, происходящие в нем при выпечке.

Многовековой практикой домашнего и кустарного, а затем и промышленного хлебопечения установлено, что чем дольше выпекается хлеб, тем толще его корка и интенсивнее ее окраска, тем хлеб ароматнее и вкуснее.

Аналитические исследования последних десятилетий, посвященные содержанию в хлебе ароматообразующих веществ [13, 32 и др.], установили, что общее содержание карбонильных соединений и аминов в корке свежевыпеченного хлеба в несколько раз выше их содержания в мякише хлеба.

Объясняется это прежде всего тем, что температура корки хлеба в процессе его выпечки (см. главу VIII) значительно выше температуры мякиша. Повышенная температура корки обуславливает образование в ней темно-буроватоокрашенных веществ — меланоидинов.

Чем больше в корке образовалось меланоидинов, тем интенсивнее (от светло-желтого до румяно-золотистого, а затем до буроватого оттенка) она окрашена.

Реакция меланоидинообразования в корке выпекаемого хлеба (см. главу VIII, [13, 32 и др.]) — это реакция окислительно-восстановительного взаимодействия между восстанавливающими сахарами и отдельными карбонильными соединениями — аминокислотами, дипептидами и белками, а также линами. Наряду с меланоидинами — основными продуктами этой реакции — в качестве промежуточных и побочных продуктов образуются и многочисленные карбонильные и другие соединения, являющиеся веществами, образующими комплексно воспринимаемый нами аромат хлеба. Среди меланоидинов также обладают специфическим вкусом и ароматом, свойственным, в частности, красному ржаному солоду.

В зависимости от сочетаний сахаров и аминокислот, участвующих в меланоидинообразовании, оттенки ощущений аромата и вкуса, воспринимаемых при употреблении хлеба, имеют некоторые различия.

Более детально с процессом меланоидинообразования и его химическими аспектами можно ознакомиться по литературным источникам [13, 32 и др.].

Изменения аромата хлеба и содержания в нем ароматообразующих веществ при хранении хлеба после выпечки рассмотрены в главе IX.

Напомним лишь, что собственно аромат хлеба, воспринимаемый нашими органами чувств, наиболее интенсивен у горячего, только что выпеченного хлеба, заметно снижается по мере его остывания и в еще большей мере утрачивается при последующем хранении.

Общее содержание карбонильных соединений при хранении хлеба при этом у целого хлеба непрерывно снижается.

Особенно быстро в первые часы хранения хлеба снижается содержание карбонильных веществ в корке хлеба как в результате улетучивания их, так и вследствие концентрационного перемещения в подкорковую слои мякиша, а из них — в центральную часть мякиша. Поэтому в первые сутки хранения содержание карбонильных соединений в мякише хлеба повышается.

При дальнейшем хранении хлеба их содержание продолжает снижаться как в корке, так и в мякише.

Через 5 сут хранения хлеба снизилось в целом содержание карбонильных соединений относительно выше в корке, значительно ниже в подкорковом слое и еще ниже в центральной части мякиша хлеба. Сенсорно ощутить аромат такого хлеба практически уже невозможно.

Термическое осветление черствого хлеба хотя и не полностью, но в значительной мере восстанавливает аромат, свойственный свежевыпеченному хлебу. Что же должен предусматривать технолог для получения хлеба со свойственным ему и интенсивно выраженным ароматом?

Для нормального протекания меланоидинообразования в корке хлеба при его выпечке необходимо, чтобы в тестовых заготовках, поступающих на выпечку, содержалось достаточное количество оседающих (неброженных) восстанавливающих сахаров, а также продуктов протеолиза белка.

В то же время необходимо и наличие в тесте достаточного количества веществ, образующихся в нем при брожении как самого теста, так и пришедших к нему полуфабрикатов (опар, заквасок и т. п.). Недостаточная выбраженность теста снижает интенсивность аромата и также отрицательно влияет на вкус и аромат хлеба: хлеб будет слишком кислым и будет иметь бледноокрашенную корку, так как процесс меланоидинообразования в ней не обеспечен достаточным количеством неброженных сахаров; поэтому такой хлеб будет обладать и резко пониженной интенсивностью аромата.

В интенсивности процесса меланоидинообразования в корке хлеба, а в результате этого и интенсивности его аромата основную роль играют длительность и температурные параметры выпечки, а также плотность размещения выпекаемых изделий на плите печи.

Толщина и степень окраски корки хлеба являются индикаторами, по которым производитель уже в момент выхода хлеба из печи может судить о его аромате.

Оптимальная толщина корки неодинакова у разных видов хлеба и хлебных изделий, а толщина верхней, нижней и боковых кромок обычно неодинакова и у одного и того же вида хлеба. Поэтому, например, в стандартах на хлеб, выпекаемых в Болгарии, для каждого вида хлеба допустимая толщина корки нормируется в определенных пределах.

Для количественного выражения степени окраски корки хлеба в МУНПБ разработаны [27] и с успехом используются следующие шкалы, выражающие этот показатель в баллах. Баллом 1 считается самая бледная, а баллом 5 — самая темнокорочная корка.

Оптимальная интенсивность окраски корки различна у разных видов и сортов хлеба и хлебных изделий. Горелая, почти чернокорочная корка недопустима и является признаком брака.

Суммируя сказанное, можно отметить, что для получения хлеба с хорошо выраженным вкусом и ароматом, нужно обеспечивать достаточную выбраженность тестовых полуфабрикатов, необходимую степень протекания в них биохимических процессов и соблюдение условий и параметров процесса выпечки хлеба, способствующих меланоидинообразованию в его корке.

При интенсифицированном тестопротравлении целесообразно не только повышать дозировки и активность бродильной микрофлоры, но и применять соответствующие ферментные препараты¹, обладающие амилолитической, а также в целесообразной степени протеолитической способностью. Это обеспечит при выпечке хлеба достаточное меланоидинообразование и должную интенсивность его аромата.

¹ О ферментных препаратах см. в главе XI, а об их влиянии на аромат хлеба — также и в специальной литературе [13, 32 и др.].

Для потребителей хлеба очень важно, чтобы он попадал на стол в еще достаточно свежем состоянии, при котором аромат хлеба сенсорно ощущаем. Это существенно и потому, что, как утверждают гигиенисты (см. [23], с. 127), «черствый хлеб хуже пропитывается соками в процессе пищеварения, что сказывается на его усвоении».

К числу прочих факторов, также влияющих на пищевую ценность хлеба, можно отнести степень разрыхленности и характер пористости мякиша хлеба, а также правильность формы и привлекательность внешнего вида хлеба. Чем лучше разрыхлен мякиш хлеба, чем мельче и равномернее его пористость, тем тоньше стенки пор, тем лучше может усваиваться хлеб. Правильность формы и привлекательность внешнего вида хлеба также может способствовать развитию аппетита и лучшему усвоению хлеба. Заминяемость мякиша и комкуемость его при разжевывании снижают усвояемость хлеба.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ХЛЕБА И ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Из данных, приведенных в табл. 32, 35, и 36, видно, что при дневном потреблении взрослым человеком 450 г хлебобулочных изделий в наименьшей степени покрывается потребность в следующих пищевых и биологически необходимых веществах: по лицину — на 23,1%; по суммарному количеству метионина и цистина — на 24,6%; по кальцию — на 11,5% и по витамину В₂ (рибофлавному) — на 18,7%.

В минеральном составе хлеба отрицательным является соотношение кальций фосфор, равное 1/5,5, в то время как оптимально для организма человека соотношение 1/1,5. Это снижает усвояемость кальция, и так уже содержащегося в хлебе в резко недостаточном количестве.

В связи с этим повышение содержания белка, богатого лицином и метионином, кальция и рибофлавина в хлебобулочных изделиях массового потребления является основной задачей повышения степени пищевой полноценности продукции хлебопекарной промышленности.

Актуальность решения этой задачи усиливается еще и тем, что лицин, кальций и рибофлавин недостаточно еще и в рационах питания значительной части населения.

Основные направления повышения пищевой ценности хлеба

В начале пути решения этой задачи находятся специалисты по селекции зерновых культур. Они трудятся над созданием новых сортов пшеницы и ржи не только высокоурожайных, стойких к неблагоприятным погодноклиматическим условиям и заболеваниям, но и с повышенным содержанием белка и лицина.

Селекционерами впервые в истории человечества создана новая

зерновая культура — тритикале. Этот пшенично-ржаной гибрид сочетает лучшие свойства родительских форм, получив от пшеницы высокую урожайность, а от ржи — лучший, чем у пшеницы, аминокислотный состав белка, морозоустойчивость и стойкость к заболеваниям.

Повышение содержания в зерне белка зависит и от агротехники выращивания зерновых культур на полях нашей страны.

Существенный вклад в повышение качества и пищевой ценности зерна делают и работники предприятий, принимающих и хранящих заготавливаемое зерно, обеспечивая оптимальные варианты обработки поступающего зерна и необходимые параметры его последующего хранения.

Очень многое в повышении пищевой ценности хлеба зависит от мукомольной промышленности, особенно это касается пищевой полноценности пшеничной муки.

В табл. 37 и 38 приведены данные [39] по содержанию в пшеничной и ржаной муке отдельных сортов наиболее дефицитных в хлебе пищевых веществ.

Данные табл. 37 и 38 показывают, что чем выше сорт и соответственно ниже выход муки, тем ниже его пищевая ценность.

Таблица 37

Пищевые вещества	Мука пшеничная			
	высшего сорта	I сорта	II сорта	обойная
Белок, г на 100 г муки	10,3	10,6	11,7*	12,5
Лизин, мг на 100 г муки	250	290	—	390
Метионин, мг на 100 г муки	100	160	—	180
Сумма незаменимых аминокислот, мг на 100 г муки	2590	3400	—	3870
Кальций, мг на 100 г муки	18	24	32	39
Витамин В ₂ , мг на 100 г муки	0,04	0,08	0,12	0,39
Скор по лизину, %	44	50	—	57

* По данным [38].

Таблица 38

Пищевые вещества	Мука ржаная		
	сеяная	обойная	обойная
Белок, г на 100 г муки	6,9	8,9	12,7
Лизин, мг на 100 г муки	280	300	360
Метионин, мг на 100 г муки	100	120	150
Сумма незаменимых аминокислот, мг на 100 г муки	2260	2630	3190
Кальций, мг на 100 г муки	19	34	43
Витамин В ₂ , мг на 100 г муки	0,04	0,13	0,15

Так, например, в муке пшеничной обойной по сравнению с мукой высшего сорта белка содержится в 1,2 раза больше; лизина — более чем в 1,5 раза; метионина — в 1,6 раза; кальция — в 2,2 раза и витамина В₂ — 3,75 раза. Скор по лизину у белка муки высшего сорта 44%, а у белка муки обойной — 57%, т. е. в 1,3 раза выше.

Это позволяет отметить, что пшеничная мука высшего сорта при многосортных помолах является вышей по пищевой ценности. Обусловлено это тем, что в муку высшего и I сорта поступает наименьшая часть измельченного элабронового слоя, щитка и зародыша, отягченных от эндосперма зерна и особенно его центральной части существенно более высоким содержанием белка и наиболее дефицитных аминокислот, минеральных веществ (кальция) и витаминов (В₂).

Не случайно в специальной литературе, посвященной проблеме повышения пищевой ценности хлеба [10, 13 и др.], увеличение производства пшеничной муки с повышенным выходом рассматривается как основной и первый этап решения этой проблемы.

Опыт производства пшеничного хлеба из муки односортных помолов позволяет считать, что мука помолов этого типа не только имеет соответствующую выходу муки пищевую ценность, но и позволяет (особенно мука II сорта) выпекать хлеб существенно лучшего качества, чем из муки того же сорта при многосортном помоле.

Необходимо также установить и оптимальное соотношение выпуска муки односортных помолов разного (75, 80, 85 и 96%) выхода.

Работами, проведенными во ВНИИЗе и ВНИИХПа, показана возможность получения муки из целого зерна и разработаны способы получения из нее хлеба специфически высокой пищевой ценности.

Еще большие задачи по проблеме повышения пищевой ценности хлеба стоят перед хлебопекарной промышленностью и отраслями промышленности, основная или побочная продукция которых может быть использована для решения этой проблемы.

Рассмотрим некоторые из этих задач.

Повышение белковой ценности хлеба

Для хлебопекарной промышленности нашей страны повышение белковой ценности хлебобулочных изделий является одной из важнейших задач, которую следует решать не только увеличением выработки пшеничных хлебобулочных изделий из муки односортного помола и повышенных выходов.

Очень эффективным является и путь включения в рецептуру и состав хлеба пищевых по природе высокобелковых добавок с более высоким, чем у белков зерна и муки, содержанием лизина и метионина.

Из продуктов животного происхождения в качестве таких добавок наиболее желательны молочные продукты — цельное молоко, творог, сухое обезжиренное молоко (СОМ), сухое цельное молоко (СЦМ) и молочные сычужники: творожная, подсырная и др. Особенно желательно и эффективно применение сычужников в их сгущенном, а еще лучше — в высушенном состоянии.

Эффективность добавления в хлеб не менее высокобелковых молочных продуктов обусловлена тем, что они повышают не только белковую ценность хлеба

(содержание в хлебе белка, лизина и метионина), но и содержание в хлебе наиболее дефицитных биологически очень нужных человеку веществ — кальция и витамина В₂.

Для подтверждения укажем, что в СМ по сравнению с пшеничной мукой 1 сорта содержится белка — более в 3,6 раза; лизина — в 7,8 раз; метионина — в 5 раз; кальция, причем в виде лактата кальция, — в 22,5 раза. Следует отметить, что в 100 г СМ содержится 49,3 г лактозы. Этот сахар обычными хлебопекарными дрожжами не сбраживается и поэтому при выпечке участвует в процессе меланоидинообразования, повышая этим самым вкус и аромат хлеба.

Очень существенно и то, что соотношение кальция: фосфор в пшеничной муке 1 сорта 1:4,8, а в СМ 1:3,8. Таким образом, введение в хлеб такой добавки не только повышает содержание в нем кальция, но и сдвигает в сторону соотношение кальций: фосфор в оптимальную для человека сторону.

Если добавлять в хлеб из пшеничной муки 1 сорта всего лишь 5% СМ, то содержание в нем лизина повышается на 38%, метионина — на 30%, кальция — в 1,5 раза, а рибофлавина — в 2 раза.

Применяются в ряде стран и такие молочные белковые обогатители хлеба, как казеинаты, казеины и кооперилитаты.

В США и ряде других стран при производстве пшеничного хлеба практикуется добавление СМ в количестве 4–6% от массы муки.

Сухие молочные сыворотки также применяются в хлебопечении ряда стран. В нашей стране широкое применение имеет молочная сывотка в ее нативном жидком состоянии. Однако сухих питательных веществ в нативной сывотке содержится лишь около 5%. Это требует больших емкостей автоотстаивания для ее перемешивания и бачков для ее приема и хранения на хлебопекарных предприятиях с соответствующими охлаждающими устройствами. Применяется в нашем хлебопечении и густенная молочная сывотка с содержанием 40 и 60% сухих веществ.

Технологически рекомендации по применению молочной сывотки нативной и густенной [37] определяют порядок их приемки, хранения и применения при выработке ряда видов и сортов хлеба и хлебных изделий из ржаной, ржано-пшеничной, пшенично-ржаной и пшеничной муки.

Разработан в нашей стране и метод консервирования нативной жидкой молочной сывотки внесением в нее поваренной соли.

Практика использования молочных сывоток в хлебопечении свидетельствует о том, что даже в их нативном состоянии они не только повышают пищевую ценность хлеба и булочных изделий, но и улучшают их вкус и аромат и удлиняют период сохранения свежести изделий.

В КТИППе разработаны и исследованы также вопросы, связанные с получением и применением в хлебопечении молочной (творожной) сывотки, обогащенной выращиванием на ней дрожжей *Rhodotorula* или *Trichospora*.

Во ВНИИХПе с творческим участием Института питания АМН СССР, а также и работниками хлебопекарной промышленности Белоруссии и Эстонии, разработан ряд хлебобулочных изделий общего и диетического назначения с добавлением СМ в количестве 4,5% (хлеб ржаной молочный); СМ в количестве 2,5% (батон порезной молочный), 4% (хлеб горькой и волжский), 6 и 7% (хлеб белорусский молочный и булка таллинская) и 20% (булочки Охтябренки и Колобки).

Вопросами использования перечисленных выше молочных продуктов в хлебопечении, помимо ВНИИХПа и Института питания АМН СССР, занимаются и научные коллективы многих других исследовательских институтов и вузов, а также лабораторий и предприятий хлебопекарной промышленности.

Из других пищевых продуктов животного происхождения для белкового обогащения хлеба могут быть использованы не только

молочные продукты, но также и рыбная пищевая мука и белки бо-евской крови.

Пищевая рыбная мука должна содержать: белка не менее 70%, влаги не более 10% и жира не более 0,3%. Белок рыбной муки должен содержать не менее 6,5% лизина. Во ВНИИХПе разработаны два вида хлебобулочных изделий из пшеничной муки 1 сорта, обогащенных добавлением пищевой рыбной муки в количестве 2% (хлеб каспийский) и 3% (булочки Светок).

Для обогащения хлеба могут быть использованы также и белковые концентраты и гидролизаты из пищевой рыбной муки [13].

Ценным обогатителем хлеба может быть и белок бовенской крови. В институте питания АМН СССР разработана технология получения белкового обогатителя из сухой осветленной бовенской крови в СМ (в соотношении 1:1). На этот обогатитель, получивший наименование сухая белковая смесь (сокращенно — СБС), утвержден республиканский стандарт Украинской ССР 1790–77. Обогатитель содержит: белка 63,3%, лактозы 32,4% и минеральных веществ 0,95%.

Очень ценным является и то, что в этом обогатителе соотношение кальция: фосфор равно 1:0,98. Таким образом, внесение обогатителя в хлеб улучшает не только его белковую ценность (при добавке 5% СБС содержание в хлебе лизина возрастает почти в 1,5 раза), но и улучшает соотношение в хлебе кальция: фосфор, приближая его к оптимальному.

В Киевском торговоэкономическом институте и КТИППе разработана технология обогащения хлеба из пшеничной муки 1 сорта путем применения комплексного белкового обогатителя, состоящего из СБС, СМ и обезжиренной дезодорированной соевой муки. На 100 кг муки в тесто вносятся добавки: СБС 2 кг, СМ 5 кг и соевой муки 15 кг. При этом в качестве улучшителей объема и физико-механических свойств мякиши хлеба применялись до 2 кг растительного масла и 2% подсолнечного фосфатидного концентрата.

Разработан в новый сорт булочных изделий — батон новый, на который утвержден ТУ 18 УССР 551–80.

Большие белковые ресурсы кроются и в белках бобовых и масличных культур, более полноценных по аминокислотному составу, чем белки основных зерновых культур. Первое место в этом отношении следует отнести белкам соевых бобов.

Если сравнить бобы соевые с зерном мягкой пшеницы, то они содержат белка почти в 3 раза больше (34,9% и 12,1%). У белка соевый скор по лизину равен 108,9%, а у белка пшеницы — 52,6%. Скор по метионину + цистину соответственно равен 96,6 и 92%.

С учетом этого общее содержание лизина в 100 г соевых бобов в 6 раз больше, чем в 100 г зерна пшеницы. Метионина + цистина — в бобах соевых в 3 раза больше.

Дефицитного в хлебе кальция в бобах соевых в 6,4 раза больше, чем в зерне пшеницы. Соотношение кальция: фосфор в отличие от зерна пшеницы (1:7) у бобов соевых физиологически оптимальное (1:1,7). Витамин В₂ в бобах соевых также в 1,5 раза больше, чем в зерне пшеницы. В нескольких меньшей степени, но также выгодно по содержанию и аминокислотному составу бобов отличаются и семена гороха, подсолнечника и хлопчатника. В семенах подсолнечника также кроются большие резервы высококачественного белка, которые могут быть использованы и для белкового обогащения продукции хлебопекарной промышленности.

При пищевом использовании белков семян хлопчатника после экстракции из них масла следует учитывать наличие в этих семенах токсического соединения — госсипола. Методы термической интоксикации этого вещества разработаны и применяются не только при пищевом, но и при кормовом использовании белков семян хлопчатника.

В этом плане могут быть использованы: мука из ядра подсолнечного семени (обезжиренная и полубезжиренная) и белковые концентраты или изоляты. Наиболее высоко содержание белка в изолятах из подсолнечного шрота, получаемых по способу Харковского филиала ВНИИЖА. В ХО ВНИИХП разработана и технология производства пшеничного хлеба с добавлением подсолнечного белка¹.

В отдельных странах для этой цели используются и изоляты белков семян сои, подсолнечника и хлопчатника.

Разработаны по ВНИИХП и утверждены новые сорта хлебоблужных изделий из пшеничной муки I сорта с включением в их рецептуру 2% растительного масла, 2% фосфатидов, концентрата и обезжиренной соевой муки в количестве 20% (батончики вумские и соевый майнессе) и 30% (хлеб вумский).

Их описание, рецептуры и технологии приготовления изложены в соответствующих руководствах [16].

Большие потенциальные ресурсы для белкового, витаминного и минерального обогащения хлеба скрыты в культивировании для этой цели соответствующих микроорганизмов (главным образом — соответствующих видов дрожжей) и водорослей (хлореллы, *Latiparia digitata*), а в случае необходимости повышения содержания в хлебе соединений йода — в морской капусте.

Обзор работ этого направления [5, 13] позволяет отметить возможность выращивания ряда этих культур и на питательных средах, пенициловых по своему составу.

Повышение минеральной ценности хлеба

Минеральное обогащение хлеба наиболее целесообразно производить в направлении повышения содержания в хлебе кальция. Это связано с тем, что кальция недостаточно не только в хлебе, но и в ряде продуктов массового потребления.

В предыдущем разделе мы уже отмечали, что молоко и молочные продукты, в том числе и такие, как сухое обезжиренное молоко, сыворотки, сухие, тушенные и т. п., являются высокоценным источником кальция и, так как содержат его в оптимальной для усвоения человеком форме лактата кальция. Соотношение Са:Р в молочных продуктах также более оптимальное, чем в зерне, муке и хлебе.

В Англии в первые же годы второй мировой войны стали обогащать всю муку кальцием, вносимым в виде мела. Это мероприятие было введено в связи с повышением выхода муки и связанным с этим повышением доли фитинового фосфора, снижающего усвоение человеком кальция пищи. Мел добавляется в Англии в муку и до настоящего времени. Обязательное добавление ко всем видам муки, кроме муки из цельного зерна, мела и количество не менее 235 и не более 360 мг на 100 г.

При внесении мела в муку на мельнице кальций мела усваивается человеком только примерно на 16—17%.

В связи с этим в МТИПХ (1947) была разработана новая технология использования пищевого мела для обогащения хлеба кальцием. Порошкообразный пищевой мел, содержащий до 88% карбоната кальция, при приготовлении пшеничного хлеба вносится в специальную молочнокислую закваску. В этой закваске 30—70% кальция мела переходило в форму лактата кальция, легко усваиваемого человеческим организмом.

¹ Вопросы использования белка масличных культур и особенно белка семян подсолнечника детально описаны в работе Ведерниковой Е. И., Кизинской Б. А., Саварской Л. Л. (ЦНИИТЭ) Пищепром, Обзорная информация, сер. 14, 1985, вып. 19, 40 с.).

При приготовлении теста из ржаной обойной муки, имеющей кислотность около 12 град, применение особой молочнокислой закваски излишне.

Как показали физиологические опыты, проведенные на людях, усвояемость кальция мела, вносимого при приготовлении хлеба этим методом, возросла до 37,8%. В связи с этим было отмечено, что в случае длительного дефицита кальция в питании той или иной группы взрослого населения внесение кальция в хлеб следует считать целесообразным.

Обогащение пшеничного хлеба железом, практикуемое с 1942 г. в США, в СССР ввиду потребления карияда с хлебом из муки малого выхода хлеба из обойной муки не является актуальной проблемой.

Фосфор же вполне достаточно как в хлебе, так и в ряде других продуктов массового потребления.

В отдельных районах страны в целях профилактики эндемического зоба целесообразно обогащение хлеба йодом. Установлено, что для этого может быть использован либо препарат химически чистого йодистого калия, либо морская капуста, богатая йодом.

Повышение витаминной ценности хлеба

Обогащение хлеба витаминами также может быть целесообразно в случае недостаточности отдельных из них в повседневном пищевом рационе. Наиболее актуально обогащение витаминами хлеба из муки малых выходов, бедной витаминами.

В отношении витаминов, имеющихся в зерне, а следовательно, в муке и хлебе, повышение их содержания в хлебе может быть достигнуто двумя путями: 1) повышением содержания витаминов в зерне путем направленной на это селекции и 2) применением таких методов помола зерна на сортовую муку, при которых шрот зародыша, наиболее богатый витаминами, целиком остается в муке.

Однако эти мероприятия не исключают целесообразности прямого обогащения хлеба витаминами, вносимыми в муку еще на мельницах или в тесто при его приготовлении на хлебопекарных предприятиях.

Наибольшее значение имеет обогащение хлеба витамином В₂, содержащимся в зерне, муке и хлебе в наименьших количествах.

В США начиная с 1942 г. широко применяется обогащение хлеба из пшеничной сортовой муки витаминами В₁, В₂ и РР.

В СССР в послевоенные годы также проводилась широкая витаминизация хлеба витаминами В₁ и РР. На 1 кг хлеба из сортовой пшеничной муки вносилось 2 мг витамина В₁ и 20 мг витамина РР. На 1 кг хлеба из обойной муки вносилось 1 мг витамина В₁.

Применение витаминов В₁, В₂ и РР для обогащения хлеба возможно ввиду их относительно хорошей сохранности в процессе приготовления хлеба.

Витамин С, вносимый в тесто, сохраняется при приготовлении хлеба в количестве всего лишь примерно 15%. Поэтому хотя

в хлебе этого витамина не содержится совсем, обогащать им хлеб нецелесообразно.

В нашей стране часть вырабатываемой пшеничной муки высшего и I сортов витаминизируется. При этом в муку этих сортов вносятся (в мг на 100 г) витаминов: РР—2; R₁—0,4; B₂—0,4.

Витаминизированная мука высшего и I сортов содержит (в мг на 100 г) соответственно витаминов: РР—3,2 и 4,2; B₁—0,57 и 0,65 и B₂—0,44 и 0,48.

Повышение других показателей качества хлеба, влияющих на его пищевую ценность

Влияние разных технологических факторов и добавок на внешний вид, форму, объем хлеба, разрыхленность, структуру пористости и физико-механические свойства теста рассмотрено в предыдущих главах.

Здесь можно ограничиться лишь общим указанием на то, что для повышения этих показателей качества и пищевой ценности хлеба следует применять при производстве хлеба оптимальные с этой точки зрения способы подготовки сырья к пуску на производство, способы и параметры режима приготовления теста, его разделки, выпечки и последующего хранения хлеба, а также специальные улучшители и методы, рассмотренные в главе XI.

Очень важной задачей является и повышение пищевой ценности хлеба путем улучшения его вкуса и аромата.

На международных конгрессах и конференциях по зерну, муке и хлебу в докладах исследователей, работающих в области изучения веществ и факторов, обуславливающих вкус и аромат хлеба, так же как и в отдельных их работах, отмечалось, что механизация процессов приготовления хлеба, применение новых непрерывно-поточных и ускоренных способов приготовления теста, форсирование процесса выпечки, прекращение или резкое уменьшение выработки крупнопоручного хлеба с длительной выпечкой, продажа потребителю хлеба не теплого, а уже хранящегося после выпечки в течение ряда часов—все это может быть причиной отмечаемого потребителями известного снижения вкуса и аромата хлеба и хлебных изделий. Поэтому целесообразно использование технологических факторов, мероприятий и специальных добавок, улучшающих вкус и аромат хлеба.

ХЛЕБОБУЛОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ ДИЕТИЧЕСКИЕ, ЛЕЧЕБНЫЕ И ДЛЯ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ

Проблема рационального питания народонаселения нашей страны предусматривает и производство хлебобулочных изделий, по своему составу и содержанию отдельных пищевых веществ предназначенных для диетического питания разных возрастных

групп населения и для профилактического и лечебного питания больных разными видами заболеваний.

Разработка этого вида хлебобулочных изделий ведется ВНИИХПом совместно с Институтом питания АМН СССР.

Классификация, рецептуры и технологические указания по производству отдельных видов и сортов диетических хлебобулочных изделий изложены в соответствующем сборнике рецептур и технологических инструкций [18]. В этом сборнике приводятся и химический состав и ЭЦ отдельных видов изделий.

Обзор работ, проводившихся в этом направлении, также приводится в соответствующей литературе¹.

Ниже будет дано краткое общее представление об основных группах диетических изделий.

Группа I—бессолевые хлебобулочные изделия, рекомендуемые для включения в рацион больных с заболеваниями почек, сердечно-сосудистой системы, больных гипертонией и лиц, находящихся на гормонотерапии.

В эту группу включены: хлеб ахлоридный (без соли, из пшеничной муки I сорта); хлеб бессолевой обдирный (из ржаной обдирной муки); сухари бессолевые и сухари ахлоридные (из пшеничной муки I сорта).

Группа 2—хлебобулочные изделия с пониженной кислотностью, рекомендуемые больным гиперацидным гастритом и язвенной болезнью.

В данную группу входят: булочки и сухари с пониженной кислотностью (из пшеничной муки I сорта).

Группа 3—хлебобулочные изделия с пониженным содержанием углеводов, рекомендуемые больным сахарным диабетом, при ожирении, а также при остром ревматизме. Поскольку в этих изделиях содержание белка более высокое, их можно включать и в рацион больных, которым он необходим в большом количестве, например при ожоговых травмах.

В эту группу включены: хлеб белково-пшеничный, хлеб белково-пшеничный диабетический, булочки с добавлением яичного белка, булочки с сорбитом и сухари на сахарине.

Группа 4—хлебобулочные изделия с пониженным содержанием белка (безбелковые изделия), рекомендуемые для питания больных с хронической почечной недостаточностью и при других заболеваниях с нарушением белкового обмена (фенилкетонурия, глютенотная энтеропатия и пр.). Поскольку эти больные нуждаются и в ограничении натрия, соль в эти изделия не добавляется.

К этой группе относятся: хлеб безбелковый бессолевой из крахмала кукурузного (91,4%) и муки ржаной обойной (8,6%) и хлеб безбелковый из пшеничного крахмала.

¹ Разработано новых видов хлебобулочных изделий для населения различных возрастных групп и географических районов/В. А. Петт, Л. Ф. Столярова, П. Я. Ярошенко, Л. А. Паскина.— М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1975.— 40 с.

Группа 6 — хлебобулочные изделия с добавлением дробленого зерна, отрубей, как содержащие большое количество балластных веществ, рекомендуются при атониях кишечника и пожилым людям, если это не противопоказано им по другим причинам.

К этой группе относятся: хлеб барвихинский и хлеб зерновой (эти два сорта готовятся из муки пшеничной высшего сорта и зерна пшеничного дробленого), хлеб ржаной «Рягалис» (из муки ржаной обойной и ржаного дробленого зерна) и хлебцы докторские (из муки пшеничной высшего сорта и пшеничных отрубей).

Группа 6 — хлебобулочные изделия с добавлением лецитина (в виде фосфатидного концентрата), рекомендуемые при атеросклерозе, ожирении, заболеваниях печени, нервном истощении.

В эту группу включены: хлеб амурский и батоны амурские из муки пшеничной I сорта с добавлением муки соевой необезжиренной, хлебцы диетические отрубные с лецитином (с добавлением отрубей пшеничных просеянных и 9% СОМ), булочки диетические с лецитином и булочки с лецитином сладкие (из пшеничной муки I сорта с добавлением муки соевой дезодорированной и СОМ), сыяс майзйтес — соевый хлебец (из пшеничной муки I сорта с добавлением соевой муки необезжиренной и обезжиренного молока) и рогалики «Здоровье» (из пшеничной муки I сорта и обойной с добавлением подсолнечного масла и молочной сыворотки).

Группа 7 — хлебобулочные изделия с повышенным содержанием йода:

а) хлебобулочные изделия с добавлением лецитина и морской капусты, при приготовлении которых кроме лецитина в виде фосфатидного концентрата вводят морскую капусту, рекомендуемые в лечебном питании при заболеваниях щитовидной железы, сердечно-сосудистой системы, а также в профилактическом питании в пожилом возрасте.

К этой подгруппе относятся: диетические хлебцы отрубные с лецитином и морской капустой, булочки диетические с лецитином и морской капустой и такие же булочки, но сладкие. Все эти изделия готовятся из пшеничной муки I сорта;

б) хлебобулочные изделия с добавлением морской капусты или йодистого калия для лечебного питания при заболеваниях щитовидной железы и профилактического питания проживающих в районах с йодной недостаточностью.

Эта подгруппа включает: хлеб пшеничный с морской капустой, хлеб ржаной с морской капустой, хлеб соловецкий (тоже с морской капустой) и хлеб пшеничный йодированный с внесением йодистого калия.

Все рецептуры и технология производства перечисленных семи групп диетических изделий описаны в сборнике [18].

Кроме этих хлебобулочных изделий разработаны и производятся для детей дошкольного и школьного возраста булочки Октябрьные и Колобок, рецептура которых включает 20% СОМ.

Вышеизложенное позволяет отметить, что производство и правильное, с учетом рекомендаций врачей, включение в рацион питания соответствующих видов и сортов диетических, лечебных и профилактических хлебобулочных изделий является существенным элементом системы рационального питания нашего народа.

Отметим также, что при производстве отдельных сортов перечисленных выше групп диетических хлебобулочных изделий должны строго соблюдаться их рецептуры, способы и параметры проведения технологического процесса их приготовления. Особое внимание должно уделяться точности дозировки специфических для каждого изделия добавок. Большое значение имеет также обеспечение и сохранение свежести, вкуса и аромата диетических изделий.

ПИЩЕВАЯ БЕЗВРЕДНОСТЬ ХЛЕБА

Значение хлеба в питании столь велико, что должна быть гарантирована его абсолютная безвредность для человека.

В связи с этим целесообразно напомнить о возможных причинах и случаях нарушения этого требования.

Все более широкое применение химических удобрений, инсектицидов и гербицидов, особенно в период роста злаков, делает актуальной задачу контроля возможного остаточного содержания в зерне тех из них, которые могут отрицательно сказываться на здоровье человека.

В последние годы наблюдается присутствие в целом зерне пшеничных продуктов отдельных радиоактивных продуктов ядерного распада, из которых с точки зрения длительности периода полураспада наиболее вредными могут являться стронций-90 и цезий¹.

Причинами заражения этими веществами атмосферного воздуха, осадков, вод и почвы, а отсюда зерна, овощей, плодов мяса, молока, рыбы является проведение испытаний ядерного оружия, а также всякого рода «несчастные случаи» с отдельными видами этого оружия и на разного рода ядерных установках и реакторах.

В связи с этим контроль за заражением зерна и зернопродуктов радиоактивными продуктами ядерного расщепления стал тоже актуальной проблемой. Разрабатываются мероприятия по «обеззараживанию» зерна в процессе его переработки, используя тот факт, что радиоактивные вещества располагаются в основном в поверхностных слоях зерна.

Необходимо напомнить и о возможном возникновении токсичности зерна, зимовавшего в поле на корню. Это зерно в результате воздействия грибной микрофлоры на жировую фракцию зерна может являться причиной заболевания человека алиментарной септической ангиной.

¹ Ocker H. D. Brot und Gebäck, 1969, 27. № 3, S. 42.

В отдельных странах применялась отбелка муки на мельницах треххлористым азотом (способ Agene). При этом метионин, входящий в состав белков муки, превращается в сульфоксид, токсичный для животных и человека.

Причиной возможной токсичности хлеба могут являться и вещества, образуемые плесневыми грибами *Asp. Nivus* и поэтому называемые афлатоксинами. Продуцентами афлатоксинов могут быть и отдельные разновидности (штаммы) *Asp. penicillium*, а также и *Rhizopus*. Поэтому для обозначения этих ядовитых веществ применяют и более широкий термин — микотоксины.

Установлено, что продуценты микотоксинов могут развиваться на зерне, в муке и на хлебе и что образуемые ими микотоксины могут диффундировать в хлеб. Поэтому в отдельных странах (Бельгия, Италия и др.) установлено предельно допустимое содержание афлатоксинов в зерне, муке и хлебе. Необходим контроль за возможным присутствием афлатоксинов и в ферментных препаратах, получаемых из культур отдельных видов плесеней.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ХЛЕБА

Хлеб и хлебные изделия по показателям качества должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов (ГОСТ) или технических условий (ТУ).

СТАНДАРТЫ НА ХЛЕБ

В ГОСТах на хлеб и хлебные изделия имеются разделы:

I. Технические требования (или условия), включающие указание на виды сырья; требования к его качеству; рецептуру; изготовление в виде формового, подового, весомого или штучного изделия; массу изделия и допустимые ее отклонения; требования по показателям, определяемым органолептически (внешний вид, состояние мякиша, вкус и запах), и нормативы по допустимым величинам показателей, определяемых физико-химическими методами. К числу этих показателей относятся: влажность, кислотность, пористость, для сдобных изделий также содержание сахара и жира, для сухарных и бараночных изделий — набухаемость.

II. Методы испытаний с указанием ГОСТов, по которым они должны проводиться (правила отбора проб и методы определения отдельных показателей).

III. Хранение и транспортирование (для некоторых видов изделий — упаковка, маркировка, хранение и транспортирование) со ссылкой на соответствующий ГОСТ или изложение требований, специальных для данной группы, вида или сорта изделий.

Методы определения отдельных показателей качества хлеба и

хлебных изделий изложены в соответствующих ГОСТах, в лабораторном практикуме [27], в руководствах по техникохимическому контролю хлебопекарного производства [34, 36 и др.] и в справочнике [30], поэтому здесь не описываются.

На предприятиях хлебопекарной промышленности выпускаемая продукция, отвечающая требованиям соответствующих ГОСТов и ТУ, с целью стимулирования повышения качества изделий подвергается еще дополнительной балльной оценке по органолептически определенным показателям: формы, характера поверхности и состояния мякиша изделия (в сухарях — хрусткости, в бараночных изделиях — их внутреннего состояния). У штучных изделий учитывается и степень отклонения от установленной массы.

Чем лучше по этим признакам продукция, тем выше число баллов, начисляемых по ним, и размер премирования работников бригады, выработавших эту продукцию.

Системы балльной оценки качества хлеба и хлебных изделий, в том числе и по показателям органолептически определяемых вкуса и аромата, применяются в Польской Народной Республике, в Германской Демократической Республике, в Чехословацкой Социалистической Республике, в США и ряде других стран.

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Опыт передовых предприятий Львовской области по разработке и эффективному внедрению комплексной системы управления качеством продукции (сокращенно — КС УКП) был одобрен ЦК КПСС еще в 1975 г.

Система управления качеством продукции — это комплекс взаимосвязанных организационных, технических, экономических, воспитательных и других методов и средств, направленных на постоянное повышение качества продукции в отрасли. КС УКП базируется на стандартизации и действует на основе требований стандартов, технических условий и других нормативно-технических документов (НТД).

Организационно-методической основой разработки, внедрения и функционирования на предприятиях КС УКП являются стандарты предприятия. Эти стандарты, будучи частью Государственной системы стандартизации, при разработке КС УКП позволяют согласовывать требования государственных и отраслевых НТД по вопросам качества со специфическими условиями данного предприятия — с особенностями технологических процессов и оборудования, с характером и номенклатурой производимых изделий и с прочими местными отличиями.

Целью внедрения КС УКП в хлебопекарной промышленности является планомерное повышение качества продукции этой отрасли для максимального удовлетворения постоянно растущих потребностей населения путем ускорения темпов научно-технического

прогресса и повышения экономической эффективности производства.

Основными задачами при этом являются:
установление и формирование необходимых показателей качества продукции на стадии исследований и проектирования;
обеспечение установленных показателей качества продукции на стадии ее производства;
сохранение достигнутых показателей качества продукции на стадиях ее хранения, транспортирования и реализации.

Необходимо и непрерывное повышение эффективности функционирования КС УКП.

Детальное изложение задач и методов по разработке, учету и внедрению КС УКП приводится в соответствующей литературе¹ и методических указаниях².

¹ КС УКП на хлебопекарных предприятиях [З. С. Немцова, С. Р. Чирцова, З. М. Майорова, А. И. Трушкина]. — М.: ЦНИИТЭИпищепром (серия «Хлебопекарная и макаронная промышленность»), 1976 — 36 с.

² Методические указания по разработке КС УКП в объединениях и на предприятиях хлебопекарной отрасли Минпищепрома СССР/Упрхлеб Минпищепрома СССР — М., 1978 — с. 191.

Список рекомендуемой литературы

1. Книга и брошюра

1. Афанасьева О. В. Микробиологический контроль хлебопекарного производства. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 28 с.
2. Гатилин Н. Ф. Проектирование хлебозаводов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 376 с.
3. Головань Ю. П., Ильинский Н. А. Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 384 с.
4. Гришин А. С. Комплексная механизация процессов хлебопекарного производства. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 40 с.
5. Гришин А. С., Подторак М. И. Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов на хлебозаводах. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 280 с.
6. Грачева И. М., Гаврилова Н. Н., Иванова Н. Н. Технология микробных белковых препаратов, аминокислот и жиров. — М.: Пищевая промышленность, 1960. — 448 с.
7. Зайцев И. В. Технологическое оборудование хлебозаводов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Пищевая промышленность, 1967. — 584 с.
8. Ильясов С. Г., Красников В. В. Физические основы инфракрасного облучения пищевых продуктов. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 360 с.
9. Интенсификация приготовления пшеничного хлеба молочнокислой закваской [О. П. Ельцова, И. М. Ройтер, А. В. Витавская и др.]. — М.: ЦНИИТЭИпищепром, сер. 14, 1979, вып. 4. — 80 с.
10. Казаков Е. Д., Кретович В. Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. — М.: Колос, 1980. — 320 с.
11. Козмина Н. П. Биохимия хлебопечения. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 278 с.
12. Кретович В. Л. Биохимия растений. — М.: Высшая школа, 1980. — 445 с.
13. Кретович В. Л., Токарева Р. Р. Проблема пищевой полноценности хлеба. — М.: Наука, 1978. — 288 с.
14. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых продуктов [под ред. З. Ф. Фалунной]. — 2-е изд. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 272 с.
15. Маклюков И. И., Маклюков В. И. Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 392 с.
16. Мазякин Ю. А., Мазякин С. А. Инженерная реология пищевых материалов. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 216 с.
17. Минпищепром СССР, Упрхлеб, ВНИИХП. Инструкции по нормированию расхода муки (выхода хлеба) в хлебопекарной промышленности. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 48 с.
18. Минпищепром СССР, Упрхлеб, ВНИИХП. Рецептуры и технологические инструкции по приготовлению диетических сортов хлебобулочных изделий и характеристика их пищевой ценности. — М.: Пищевая промышленность, 1975. — 34 с.
19. Минпищепром СССР, Упрхлеб, ВНИИХП. Сборник рецептур и технологических инструкций по выпеканию национальных сортов хлебобулочных изделий. — М.: Пищевая промышленность, 1975. — 264 с.
20. Михасев А. А. Справочник по хлебопечному производству. Т. 1. Оборудование и тепловое хозяйство. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Пищевая промышленность, 1977. — 368 с.

21. Николаев Б. А. Структурно-механические свойства мучного теста.— М.: Пищевая промышленность, 1976.—247 с.
- 21а. Новое в технологии хлебобулочных изделий [В. А. Патт, Л. Ф. Столярова, Л. А. Пескина, А. И. Стрбыкина].— М.: Пищевая промышленность, 1979.—48 с.
22. Патт В. А., Казанская Л. Н. Новые технологические процессы в хлебопекарной промышленности, обеспечивающие улучшение качества продукции и интенсификацию производства.— М.: ЦНИИТЭИпищепром, сер. 14, 1979, вып. 13.—44 с.
23. Петровский К. С. Гигиена питания.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Медицина, 1976.—400 с.
24. Петровский К. С. О рационализме питания.— Наука и жизнь, 1980, № 8, с. 76—79.
25. Покровский А. А. Гигиена питания.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Медицина, 1979.—Ч. 6, с. 201—273.
26. Покровский А. А. Физиолого-биохимические аспекты питания в пищевой промышленности.— Прикладная микробиология и биохимия, 1967, № 3, с. 613—625.
27. Пучкова Л. И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.—232 с.
28. Расчет и проектирование печей хлебопекарной и кондитерской промышленности [А. А. Михелес, Н. М. Ицкович, М. Н. Сигал, А. В. Володарский].— М.: Пищевая промышленность, 1979.—328 с.
29. Ройтер И. М. Современная технология приготовления теста на хлебопекарных.— Киев: Техника, 1968.—368 с.
30. Ройтер И. М. Справочник по хлебопекарному производству. 1 и 2 «Сырье и технология».— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Пищевая промышленность, 1977.—504 с.
31. Ройтер И. М. Сырье хлебопекарного производства.— Киев: Техника, 1972.—192 с.
32. Роте М. Аромат хлеба: перевод с немецкого/под ред. Л. Я. Ауэрмана, пер. Н. Г. Екимова, Э. Я. Вейцель.— М.: Пищевая промышленность, 1978.—238 с.
33. Сигал М. Н., Володарский А. В. Конвейерные хлебопекарные печи.— М.: Пищевая промышленность, 1981.—161 с.
34. Справочник для работников лабораторий хлебопекарных предприятий [К. Н. Чижова, Т. И. Шварцкая, Н. П. Волкова, А. М. Чантур].— М.: Пищевая промышленность, 1978.—192 с.
35. Технологические инструкции по выработке хлебобулочных изделий.— М.: Пищевая промышленность, 1973.—352 с.
36. Технический контроль хлебопекарного производства [К. Н. Чижова, Т. И. Шварцкая, Н. В. Залесина и др.].— 5-е изд., перераб. и доп.— М.: Пищевая промышленность, 1975.—480 с.
37. Упрхлеб Минпищепрома СССР. Технологические рекомендации по применению молочной сызотки при выработке хлеба и булочных изделий из ржаной и пшеничной муки.— М.: 1978.—24 с.
38. Химический состав пищевых продуктов/под ред. А. А. Покровского.— М.: Пищевая промышленность, 1976.—228 с.
39. Химический состав пищевых продуктов/под ред. М. Ф. Нестерина, И. М. Скуринина.— М.: Пищевая промышленность, 1979.—248 с.
40. Экспрессивная технология приготовления булочных изделий [Р. В. Кузьминский, В. А. Патт, В. В. Шерватенко и др.].— Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1978, № 11, с. 25—27.
41. Шерватенко В. В. Регулирование технологических процессов производства хлеба и повышение его качества.— М.: Пищевая промышленность, 1976.—232 с.

1. Издаваемые в СССР:
 - 1) Хлебопекарная и кондитерская промышленность (включает и микробиологическую промышленность).
 - 2) Мукомольно-элеваторная и комбикормовая промышленность.
 - 3) Издания высших учебных заведений. Пищевая технология.
 - 4) Прикладная биохимия и микробиология.
 - 5) Вопросы питания.
2. Издаваемые за рубежом:
 - 1) Bäcker und Konditor, ГДР.
 - 2) Brot und Gebäck, ФРГ.
 - 3) Baker's Digest, США.
 - 4) Przegląd piekarski i cukierniczy, ПНР.
 - 5) Sötefar, ВНР.
 - 6) Mlýnsko-Pekárenský Průmysl a technika skladování obilí, ЧССР.
 - 7) Cereal Chemistry, США.
 - 8) Cereal Science Today, США.
 - 9) Przegląd zbożowo-młynarski, ПНР.
 - 10) Die Mähtung, ГДР.
- 11) Хранителя промышленность, НРБ.

Б. Серийные и прочие продолжающиеся издания

1. Научно-технические реферативные сборники и обзоры, издаваемые ЦНИИТЭИ Минпищепрома СССР (серия «Хлебопекарная, микробиологическая и дрожжевая промышленность») и ЦНИИТЭИ Минзема СССР (серия «Мукомольно-крупяная промышленность»).
2. Сборники трудов научно-исследовательских институтов (ВНИИ хлебопекарной промышленности, ВНИИ кондитерской промышленности, ВНИИ зерна и продуктов его производства и др.).
3. Сборники научных трудов и докладов высших учебных заведений (МТИП, КТИП, ВЗИП и др.).

Предметный указатель

Автолитическая активность ржаной муки 85—93
Азодикарбонамид как улучшитель 309
Активаторы протеолиза 39, 41
Активация прессованных дрожжей 174
Альвеограф 69
Аромат хлеба 270, 382, 384—389:
 вещества, образующие аромат 384—389
 факторы, обуславливающие аромат хлеба 385—389
Аскорбиновая кислота как улучшитель 307
Ассортимент хлеба и хлебных изделий 351:
 бараночные изделия 354
 булочные изделия 353
 национальные изделия 363
 сдобные хлебобулочные изделия 353
 сухари простые 359
 — сдобные 356
 хлеб пшенично-ржаной 352
 — пшеничный 353
 — ржаной 352
 — ржано-пшеничный 352
Латуемость крахмала муки 31

Балловел оценка качества хлеба 386, 400—401
Бараночные изделия 354
Бездрожжевое непрерывное приготовление теста, аппаратные решения: бункерные агрегаты 181
 агрегат ХТУ-Д 185
Белковая ценность хлеба 372, 391
Белково-протеиназный комплекс пшеничной муки 36, 50
 белковые вещества муки 37:
 альбумины 37
 глобулины 37
 глютелины 37
 пептиды 38
 проламины 37
 протейды 39:
 гликопротейды 39, 43

липопротейды 39, 43
 нуклеопротейды 39
Белково-протеиназный комплекс ржаной муки 81, 155
Белковые обогатители муки:
 комплексные белковые обогатители 393
 молочные продукты 391
 пищевая рыбная мука 393
 семена бобовых культур 393
 семена масличных культур 393
 сухая белковая смесь 393
Болезни хлеба 344—351:
 картофельная болезнь 344
 меловая болезнь 351
 плесневение 348
Бродильная микрофлора при приготовлении теста:
 пшеничного 131—134, 151
 ржаного 200—207
Брожение пшеничного теста 130:
 биохимические процессы 136
 изменение кислотности 133
 коллоидные и физические процессы 134
 размножение дрожжей 132
 спиртовое брожение 131
 усиленное механическое воздействие на тесто 140
 ускорение процесса путем добавления жиров в ПАВ 146
 форсирование процесса 139
 химический способ ускорения созревания теста 145
Бромат калия как улучшитель 305
Булочные изделия 353

Валка муки—см. Смешивание муки 116
Валориграф 88
Витамины хлеба:
 значение в питании 378
 повышение витаминной ценности хлеба 395
Вкус хлеба 270, 382, 383
Вода
 как компонент пшеничного теста 149—151
 требования к качеству 95

Водорастворимые пентозаны 44, 51
Выпекемая тестовая заготовка (ВТЗ) 220—260
Выпечка хлеба и хлебных изделий:
 длительность 252, 254
 зона исторения 230—231
 изменение объема ВТЗ 245
 определения готовности хлеба 254
 оптимальный режим 251
 прогрев ВТЗ 221
 процессы в ВТЗ:
 биохимические 235
 влагообмен со средой пекарной камеры 230
 коллоидные 242
 способы:
 в атмосфере пара 258
 в электромагнитном поле ВЧ и СВЧ 259
 инфракрасным излучением 257
 комбинированные 260
 обычный (излучением, конвекцией и кондукцией) 220—260
 электроконтактным прогревом 258
Увлажнение поверхности ВТЗ 250
Выход хлеба:
 общие сведения 290
 факторы, влияющие на выход:
 влажность муки 293
 — теста и хлеба 294
 количество дополнительного сырья 293
 технологические потери и затраты 295
 хлебопекарные свойства муки 293

Газообразующая способность пшеничной муки 28:
 методы определения 33
 технологическое значение 34
 факторы, обуславливающие газообразующую способность 28
 Гипсульфит как улучшитель 311
Глубокое замораживание хлеба 284
Готовность теста, определение 148
Глютатин 41, 97, 112

Деление теста на куски 213
Дефекты хлеба 326:
 вызванные качеством муки:
 из зерна, пораженного клопом-репашкой 327
 из морозобойного зерна 338
 из проросшего зерна 333
 вызванные нарушением режимов:
 выпечки 342
 приготовления теста 341
 раздвоки 342
 хранения 343
 выявление причин 344

Диетические и лечебные хлебобулочные изделия 395
Безбелковые 397
Бессахарные 397
 с добавлением дробленого зерна и отрубей 398
 с добавлением лецитина 398
 с повышенным содержанием воды 398
 с пониженной кислотностью 397
 с пониженным содержанием углеводов 397
Доставка хлеба в торговую сеть 287
Дрожжевое молоко 97, 117
Дрожжи:
 жидкие 95, 168—171
 как компонент пшеничного теста 151—153, 197, 200
 прессованные 96, 174
 спиртовые 98
 сушеные 97

Жир безводный 119, 161
Жиры:
 значение в питании 378
 как компонент пшеничного теста 161—163

Заварки
 виды 177
 способы приготовления 176
 применение 175
Завертывание хлеба 285
Закавка жидкие пшеничные 168:
 схемы приготовления:
 Джамбулская 171
 Ленинградская 170
 применение 171—172
Закавка ржаная:
 бродильная микрофлора 200—207
 воздействие ультразвуком 212
 густые 208
 жидкие 210—212
 менее густые 209—210
 приготовление на ленинградских штампах бродильной микрофлоры 210
 приготовление теста на жидкой заварке И-1 210
 с применением КМКЗ 212
Затраты технологические при производстве хлеба 290—291, 293—300
Зона испарения при выпечке 230—231
Измеритель деформации клейковины ИДК-1 57
Ингибиторы протеолиза 39, 41
Интенсифицированное приготовление теста 185:
 агрегаты 185—188
 за рубежом 192—195

не диспергированной фазе 169
с применением молочной сыворотки 188
с применением ферментированной эмульсии-суспензии 188

Подат кадия как улучшитель 305

Качество хлеба:
балловая оценка 282, 283, 386
комплексная система управления качеством 401
определение 400
стандарты на хлеб 400

Кислотность сырья полуфабрикатов и готовой продукции 27, 96, 98, 133—134, 148, 196, 197, 400

Кислотобразующие бактерии, классификация 201—207

Кислород как улучшитель 304

Клейковина:
эластичность 58
качество, методы определения 33—38
комплексные показатели БЧ и КК 58—61
набухчиваемость 54
растворимость 55
растяжимость 55
содержание в пшеничной муке 52
структурно-механические свойства 58

Кислотный сок картофеля как улучшитель 317

Киснетометр погружения МОСКИПа 64—65

Концентрированные молочнокислые закваски (КМКЗ) 186—188, 212

Крахмал:

как составная часть муки 26

как фактор, влияющий на силу муки 43—44

— — — на сахарообразующую способность муки 29—31

Крахмалы модифицированные как улучшители 324

Крупики мякиша хлеба 280

Крупики муки 71, 84

Лейкометр 71

Ленинградские штампы и культуры брожения микрофлоры 210

Липиды:

влияние на силу муки 45

глицериды 48

простые 45

сложные 45

фосфолипиды 47

Меланоидины:

влияние на вкус, аромат, окраску корки хлеба 388—389

образовании при выпечке 238 — 241

Минеральные вещества хлеба:

зависение в питании 378

повышение минеральной ценности хлеба 394

Мука хлебопекарная 22:

виды и сорта 24

договоровка 115—118

стандарт на методы испытаний 27

химический состав 26—27

хлебопекарные свойства 27, 78

Надрезание тестовых заготовок 249—250

Национальные виды хлеба и хлебных изделий 363

Нейтральные протеины 40

Обжарка хлеба 253—254

Обминка теста 147

Окислительно-восстановительный потенциал 51

Округление кусков теста 214

Освежение черствого хлеба 287, 388

Остывание хлеба 261

Пенетрометры 56

Перекись водорода как улучшитель 305

Персульфат аммония как улучшитель 307

Пищевая безвредность хлеба 399, 400

Пищевая ценность хлеба 386—395

Пластиметр 65

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) 195, 266, 318—324:

амфолитные 319

анионоактивные 319

влияние на качество хлеба 319 — 324

катионные 319

свойства ПАВ 318

Подготовка сырья 19, 116

Потери технологические при производстве хлеба 290—292, 295, 298—300

Потребность в пищевых веществах и энергии 366—369

отдельных контингентов и групп населения 367

средняя потребность взрослого человека 367—369

Приготовление теста:

пшеничного 19, 120—125

дозирование сырья 122

замес 123—130

основные способы 120—122

рецептура 120

с применением ЖОФ 189—191

с применением КМКЗ 186—188

ржаного 195—213

на густых заквасках 208

на менее густых заквасках 209

на жидкой закваске 11-1 210

с применением КМКЗ 212

Придание кускам теста требуемой формы 216

Применение 18

Пробные выпечки 73, 93

лабораторные 73, 93

производственные 77

Разделка теста 213—220:

аппаратурные схемы 218

снижение прилипания теста 219

Расстойка тестовых заготовок:

окончательная 216—218

предварительная 214—215

Разрыхление теста:

брожением 173

преимущества и недостатки разных способов 173

физическим путем 172

химическим путем 172

Рентгенометр крахмала 274—275

Ретроградация крахмала 274—275

Ржаное тесто, отличия в свойствах и способах приготовления 195—200

Сахар как компонент пшеничного теста 161

Сахарообразующая способность муки 99

Смесь хлеба:

методы определения 279—283

пути продления 283—287

Сдобные хлебобулочные изделия 353

Сила пшеничной муки 36—70

методы определения 52, 61—71

понятие «сила муки» 35

технологическое значение 51

Слизь — см. Водорастворимые пектины 44

Смешивание муки 115

Собственные сахара муки 28

Совая мука как улучшитель 316—317

Созревание пшеничной муки 89, 105:

влияние на качество хлеба 104

длительность 108

пути ускорения 109

сухость 105

Созревание ржаной муки 111—113

Солод зерновой как улучшитель 312

Солодовые препараты как улучшители 312

— экстракты 313

Соль доваренная пищевая:

виды и сорта 99

как компонент теста 154—161

требования и качеству 99

Стандарты на хлеб 400:

методы испытаний 400

технические требования 400

хранение и транспортирование 400

Структурно-механические (реологические) свойства:

клейковины 58

теста:

влияние соли 155

влияние температуры 169

определение силы муки 61—70

хлеба:

изменение при черствении 289

методы определения степени черствости 279

Сушари простые 359—363

— сдобные 356—359

Сухой лактобактерии 211—212

Текстура хлеба и хлебных изделий 64, 279—280, 382

Температура теста:

влияние на микрофлору 165

— на структурно-механические свойства 166

факторы, обуславливающие температуру 167

Увлажнение поверхности ВТЗ 230, 250—251

Углеводно-ампловный комплекс муки:

пшеничной 28—35

ржаной 78—81, 154

Углеводы хлеба 375

Улучшение качества хлеба, основные пути 301—326

Улучшители качества хлеба:

восстановительного действия 311

комбинированные 324—325

модифицированные крахмалы 324

окислительного действия 303

поверхностно-активные вещества 318—324

совместное применение 285, 286, 325, 326

ферментные препараты 311—318

Улец 248—249, 291—292, 297—301

Усыхание хлеба:

общие сведения 291

факторы, влияющие на процесс 266

Фаринграф 65—68

Ферментные препараты 285, 286, 311—318

Финансирование ППОх и ПЗОх 315, 316

видосубстанция Г10а 286, 315
гауссовизморфа П19а 304
культуризмальная эволюция
(МЭКХП) 306
эротосубстанция Г10а и Г20а 316
соды розовой сушки ферменты-
розовый 313
Фотометры 71

Хлеб:

значения в питании человека 302
калорийно-жировой 352
калорийный 353
розовый 352
роково-спитинный 352
Хлебобулочная промышленность
СССР:
задачи 11—16
обзор развития 5—11
Хлебобулочные производства:
автаргетические 21—22
успехи процесса 18—21
Хлебобулочные свойства муки:
калорийный 27—78
газообразующая способность 28
крутивость 71
сил муки 35—70
цвет и способность к отбелыва-
нию 71
разной 78—93
активитетная способность 85—
91
крутивость 84
особенности белково-ферментатив-
ного комплекса 81—83

— углекисло-амлазического комплек-
са 78—81
цвет муки и ее способности к
отбелыванию 83
Хранилища муки:
бостарное 114
в мешках 114
эролотрашное горно 113
соревнование муки 96, 111
Хранение сырья 18, 116
Хранение хлеба 21, 260, 387

Цвет муки и ее способность к отбел-
ванию 71, 83, 100
— зерна 258—261
— жидкая хлеба 238
Цистерны для умягчителя 311

Черствость хлеба 269
методы определения степени черств-
ости 279
сухость процесса 272
факторы, влияющие на процесс
Число пшеницы 88

Шортленд 161

Высепсиф 66—69
Экстракт:
для внесения в тесто 119
для сквашивания хлеба 119
сильно приготовленный 117—118

Энергетическая ценность хлеба и
хлебных изделий 369—372

Оглавление

Предисловие	3
Глава I. Краткий обзор развития и задачи хлебобулочной промышленности СССР	5
Обзор развития хлебобулочной в СССР	5
Задачи хлебобулочной промышленности СССР на период до 1990 года	11
Задачи хлебобулочной промышленности системы Миннадркома СССР	12
Задачи хлебобулочной промышленности системы Цетросоюза	13
Задачи хлебобулочной промышленности, связанные с реализацией Программной программы СССР	14
Организация, участвующая в разработке научных основ и совершенствовании технологии хлебобулочного производства	16
Глава II. Этапы процесса производства хлебобулочных изделий	19
Прием и хранение сырья	18
Подготовка сырья к производству	19
Приготовление теста	19
Разделка теста	20
Выпечка	21
Хранение выпеченных изделий и отправка их в торговую сеть	21
Аппаратурно-технологическая схема производства хлеба	21
Глава III. Хлебобулочные свойства основного сырья	22
Мука хлебобулочная	22
Виды и сорта муки	24
Химический состав муки	27
Стандарт на методы испытаний муки	27
Хлебобулочные свойства пшеничной муки	27
Хлебобулочные свойства ржаной муки	28
Мука из зерна тритикале	28
Вода	28
Дрожжи	28
Прессованные дрожжи	28
Сушеные дрожжи	28
Примесное молоко	28
Сварочные дрожжи	28
Соль	28
Глава IV. Прием, хранение и подготовка хлебобулочного сырья	29
Процесс, происходящий при хранении муки	29
Соревнование пшеничной муки	29
Соревнование ржаной муки	31
Предотвращение порчи муки при хранении	31
Прим. зерновки и хранения муки на хлебобулочном производстве	31
Хранение муки в мешках	31
Бестарное хранение муки	31
Подготовка муки	31

20

Синтез мучи	115
Прессование и магнитная очистка муки	116
Хранение и подготовка соли, прессованных дрожжей и других видов сырья	116
Глава V. Приготовление пивного теста	120
Решения и основные способы приготовления пивного теста	120
Дозирование сырья	122
Замес оцара и теста	123
Брожение (созревание) теста	123
Процессы, происходящие при брожении теста	123
Ферментация созревания теста с целью интенсификации и ускорения процесса его приготовления	129
Объемы теста	147
Определение готовности теста	148
Составление и роль в тесте отдельных видов сырья	149
Вода как компонент теста	149
Дрожжи как компонент теста	151
Соль как компонент теста	154
Жиры как компонент теста	161
Сахар как компонент теста	164
Температура теста	165
Влияние температуры оцара и теста на микрофлору теста	165
Влияние температуры теста на его структурно-механические свойства	166
Факторы, обуславливающие температуру теста и предшествующий ему Фаз	167
Приготовление и применение жидких дрожжей и заквасок	168
Рациональная схема приготовления жидких дрожжей	169
Схема приготовления пивного жидкой закваски Ленинградская-4	170
Лазерная схема приготовления пивного жидкой закваски	171
Приготовление пивного теста из жидких дрожжей и пивных жидких заквасок	171
Размешивание теста химическим путем	172
Размешивание теста физическим путем	172
Преимущества и недостатки разных способов размешивания теста	173
Предварительная активация прессованных дрожжей	174
Закваска и их применение при приготовлении пивного теста	175
Способы приготовления закваски	176
Виды заквасок	177
Способы и аппаратурно-технологические схемы приготовления пивного теста	179
Аппаратурные решения процессов брожения и непрерывного тестирования в СССР	180
Способы и аппараты для интенсификации приготовления пивного теста	185
Приготовление пивного теста с применением жидкой закваски	189
Способы интенсификации приготовления пивного теста за рубежом	192
Глава VI. Приготовление ржаного теста	195
Отличия в свойствах и способах приготовления ржаного теста	195
Брожение микрофлоры ржаных заквасок и теста	200
Способы приготовления ржаного теста	200
Приготовление теста на густых заквасках	208
Приготовление теста на жидкой закваске	209
Приготовление теста на жидкой закваске И.1	210
Приготовление жидкой закваски на ленинградских штаммах брожения микрофлоры	210

Приготовление теста с применением жидкой концентрированной дрожжевой закваски	212
Воздействие на ржаную жидкую закваску ультрафиолета	212
Аппаратурные решения процесса приготовления ржаного теста	212
Глава VII. Разделка теста	213
Деление теста на куски	213
Округление кусков теста	214
Предварительная расстойка	214
Приведение кусков теста требуемой формы	215
Окончательная расстойка	216
Аппаратурные схемы расстойки теста	218
Пути сокращения времени теста в процессе его разделки	219
Глава VIII. Выпечка	220
Процессы, происходящие в тестовой заготовке при выпечке	221
Прогресс тестовой заготовки и процесс выпечки	221
Взаимодействие микроволновой тестовой заготовки с паровоздушной средой печной камеры и внутреннее перемещение влаги в ней	230
Влияние влажности брожения микрофлоры в микроволновой тестовой заготовке	233
Биохимические процессы, происходящие в микроволновой тестовой заготовке	235
Коллоидные процессы, протекающие в микроволновой тестовой заготовке	242
Изменение объема микроволновой тестовой заготовки	245
Узел	248
Нагревание тестовой заготовки перед выпечкой	249
Роль увлажненной поверхности микроволновой тестовой заготовки	250
Оптимальный режим выпечки	251
Длительность выпечки	252
Определение готовности хлеба	254
Обжарка хлеба	255
Другие способы выпечки хлеба	256
Выпечка в печах с генератором инфракрасного (дирекционного) излучения	257
Выпечка в атмосфере пара	258
Выпечка с применением электромагнитного прогресса микроволновой тестовой заготовки	258
Выпечка в электромагнитном поле высокой частоты (ВЧ) и сверхвысокой частоты (СВЧ)	259
Выпечка с комбинированными способами прогресса микроволновой тестовой заготовки	260
Глава IX. Хранение хлеба	260
Охлаждение и умягчение хлеба	261
Общие сведения об охлаждении и умягчении хлеба	261
Факторы, влияющие на умягчение хлеба	266
Назначение качества хлеба при хранении	266
Черствение хлеба	269
Ослабление черствого хлеба	287
Хранение хлеба на хлебобулочных предприятиях и доставка его в торговую сеть	287
Глава X. Выход хлеба	290
Понятие выхода хлеба	290
Факторы, обуславливающие выход хлеба	292
Важность муки	293
Хлебобулочные свойства муки	293

Количество дополнительного сырья	293
Вязкость теста в хлебе	294
Технологические потери и затраты	295
Потери и затраты сухих веществ и влаги в процессе производства и хранения хлеба	300
Глава XI. Пути и способы улучшения качества хлеба	301
Пути улучшения хлебопекарных свойств муки	301
Методы улучшения качества хлеба и хлебных изделий	302
Технологические мероприятия, улучшающие качество хлеба и хлебных изделий	302
Специальные добавки — улучшители качества хлеба	303
Глава XII. Дефекты и болезни хлеба	326
Дефекты хлеба, вызванные качеством муки	327
Мука из зерна, пораженного класом-черешней	327
Мука из горючего зерна	328
Мука из морозобоютого зерна	329
Мука неэластичная или дефектная по другим причинам	330
Дефекты хлеба, вызванные неправильным проведением технологического процесса	341
Дефекты хлеба, вызванные неправильным приготовлением теста	342
Дефекты хлеба, вызванные неправильной разделкой теста	342
Дефекты хлеба, вызванные неправильной выпечкой	343
Дефекты хлеба, вызванные неправильным его хранением и замораживанием после выпечки	343
Питательные свойства хлеба	344
Болезни хлеба	344
Картофельная болезнь хлеба	345
Плесневение хлеба	351
Другие болезни хлеба	351
Глава XIII. Ассортимент хлеба и хлебных изделий	352
Хлеб ржаной из обойной муки	352
Хлеб ржаной из обдирной и сеяной муки	352
Хлеб ржаного-пшеничный и пшенично-ржаной из обойной муки	353
Хлеб пшеничный	353
Булочные изделия	353
Сдобные хлебобулочные изделия	354
Бараночные изделия	356
Сдобные сухари	359
Простые сухари	363
Национальные виды хлеба и хлебных изделий	366
Глава XIV. Пищевая ценность хлеба и его качество	366
Потребность человека в пищевых веществах и энергии	366
Значение хлеба в питании человека, степень его пищевой ценности и пути ее повышения	369
Энергетическая ценность хлеба в степени удовлетворения потребности человека в энергии за счет хлебных изделий	369
Белковая ценность хлеба и значение хлебных изделий в белковом балансе питания человека	372
Роль углеводов хлеба в питании человека и степени удовлетворения потребности в них за счет хлебных изделий	375
Значение органических кислот хлеба в питании человека и степени удовлетворения потребности в них за счет хлебных изделий	377
Значение жиров хлеба в питании человека и степени удовлетворения потребности в них за счет хлебных изделий	378
Значение минеральных веществ хлеба в питании человека и степени удовлетворения потребности в них за счет хлебных изделий	379
Значение витаминов хлеба в питании человека и степени удовлетворения потребности в них за счет хлебных изделий	380

Вкус, аромат и другие органолептически воспринимаемые свойства хлеба	382
Пути повышения пищевой ценности хлеба и хлебных изделий	383
Хлебобулочные изделия диетического, лечебного и для разных возрастных групп населения	396
Питательная безопасность хлеба	399
Определение качества хлеба	400
Стандарты на хлеб	400
Комбинированная система управления качеством хлебопекарной продукции	401
Список рекомендуемой литературы	433
Посланный указатель	435

Лев Янович Ауэрман

ТЕХНОЛОГИЯ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Редактор Г. И. Круглова
Художественный редактор В. А. Чуракова
Технический редактор О. Г. Трийченко
Корректоры О. И. Галанова, А. И. Гурычева

ИБ № 1258

Сдано в набор 01.08.83. Подписано в печать 09.02.84. Т-00325. Формат 60×90^{1/4}. Бумага кн.-
журнальная. Литературная гарнитура. Высокая печать. Объем 26 п. л. Усл. п. л. 26.
Усл. кр.-отт. 26. Уч.-изд. л. 32,15. Тираж 18 300 экз. Заказ 654. Цена 1 р. 40 к.

Издательство «Легкая и пищевая промышленность».
113035, Москва, М-35, 1-й Кадашевский пер., д. 12.

Отпечатано с матриц Ярославского полиграфкомбината Союзполиграфпрома при Государ-
ственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 150014,
Ярославль, ул. Свободы, 97 в Ленинградской типографии № 4 ордена Трудового Красного
Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союз-
полиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и
книжной торговли. 191126, Ленинград, Социалистическая ул., 14.

1р.40к.

«Легкая и пищевая промышленность»