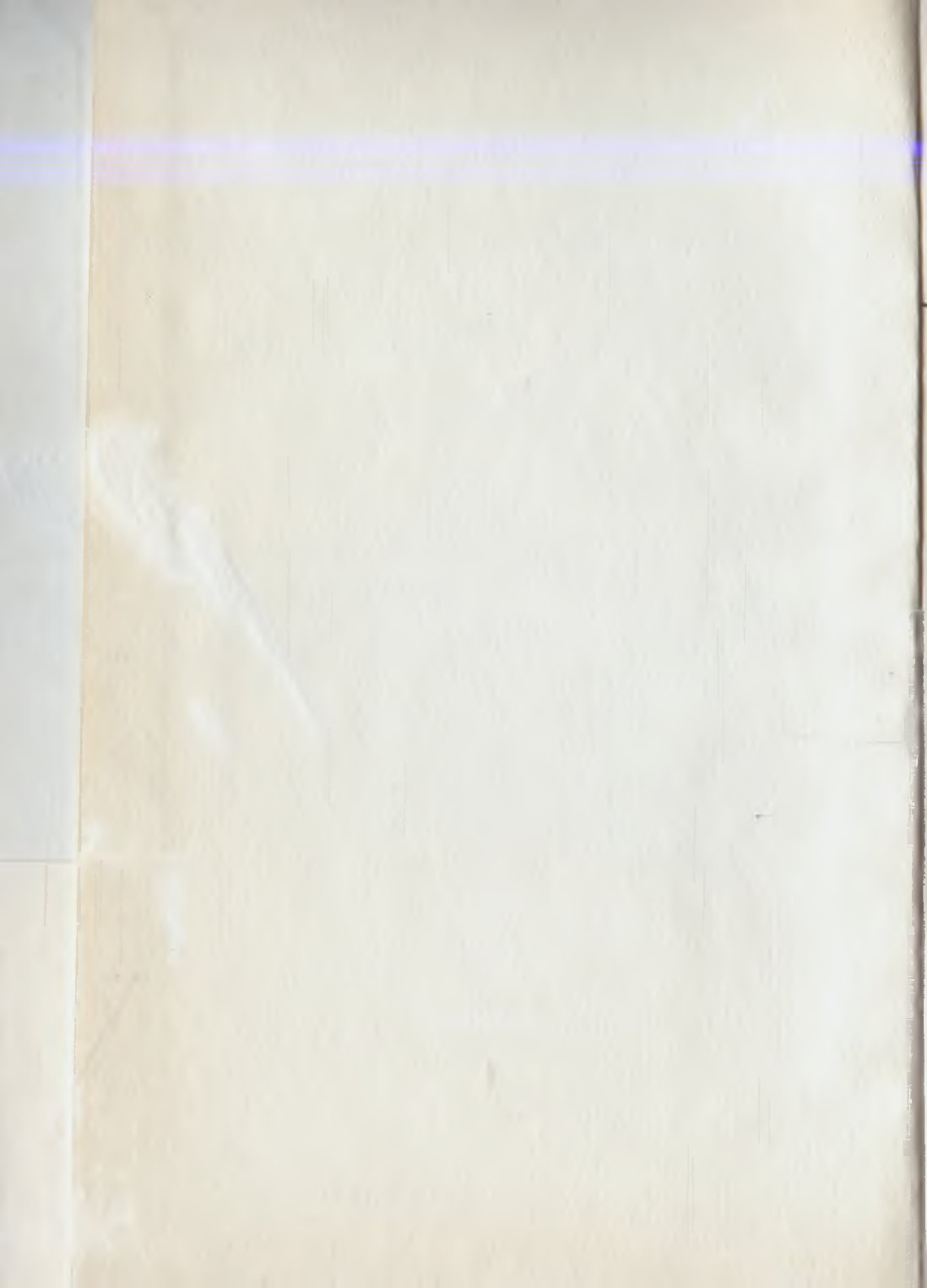


ПРАКТИКУМ ПО ТЕХНОЛОГИИ ВИНА

**ЛАБОРАТОРНЫЙ
ПРАКТИКУМ
ПО КУРСУ
ТЕХНОЛОГИЯ
ВИНА**



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ ТЕХНОЛОГИЯ ВИНА



Москва
„Легкая и пищевая
промышленность“
1981

ББК 36.87

Л 12

УДК 663.223.2 : 005 (076.5)

А. А. Мержаниан
В. Ф. Монастырский
И. Б. Платонов
Ю. Д. Тагунков
В. А. Толмачев

Л 12 Лабораторный практикум по курсу «Технология вина»/
А. А. Мержаниан, В. Ф. Монастырский, И. Б. Платонов и др.; под ред. А. А. Мержаниана. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. — 216 с.

В пер.: 80 к.

В книге описаны лабораторные работы, предусмотренные программой курса «Технология вина» для вузов. В отдельных главах изложены следующие основные вопросы: характеристика технологических свойств виноматериалов и вин; контроль технологических процессов; контроль качества готовых вин, вторичных продуктов виноделия, технологических и вспомогательных материалов. Значительное место отведено технологическим расчетам винодельческих производств, в которые включены расчеты материалов и продуктов, состава купажей, материальные балансы и расчеты количества технологического оборудования.

Описания методов выполнения работ сопровождаются примерами, дополнительными заданиями для самостоятельной проработки и контрольными вопросами.

Предназначена для студентов вузов, обучающихся по специальности 1005, может быть использована также работниками лабораторий винодельческих заводов.

Л 31709—002
044(01)—81 2—81 (П. П.) 2908000000

ББК 36.87
6П8.5

Рецензенты: кафедра виноделия Московского технологического института пищевой промышленности (д-р техн. наук, проф. З. Н. Кишковский); кафедра виноделия Всесоюзного заочного института пищевой промышленности (канд. техн. наук Е. С. Дрбоглав).

ОТ АВТОРОВ

Учебное пособие для студентов вузов к лабораторным работам по курсу «Технология вина» специальности 1005 написано в соответствии с действующей учебной программой.

В качестве общей предпосылки для разработки отдельных заданий выдвигалось условие, что в результате выполнения лабораторных работ студенты должны получить достаточные экспериментальные навыки, научиться творчески мыслить, делать заключения и выводы из наблюдаемых фактов и закономерностей.

При подборе материалов и написании книги был использован многолетний опыт проведения лабораторных работ по этому курсу на кафедре технологии вина Краснодарского политехнического института.

Пособие предназначено для самостоятельной работы студентов и предусматривает, как правило, выполнение каждого задания в индивидуальном порядке.

Для облегчения понимания сущности и целей выполняемой работы заданиям предпосланы краткие общие указания. В необходимых случаях рекомендована методика записи результатов, их обработки и составления отчета.

Расчетные работы сопровождаются конкретными примерами, иллюстрирующими возможности практического применения описанных методов.

Наряду с обязательными заданиями, выполняемыми студентами за время, отводимое по учебному расписанию, даны также рекомендации к дополнительным заданиям, выдаваемым студентам по усмотрению преподавателя в целях углубления их знаний и приобретения ими навыков самостоятельной работы. В большинстве случаев эти задания сопровождаются поясняющими примерами и могут быть использованы в исследовательской работе студентов.

В отдельных примерах приведены различные методы оценки достоверности и точности результатов, с тем чтобы студент сам мог выбрать тот или иной метод в зависимости от конкретного содержания работы и физического смысла оцениваемых величин. При выполнении студентами заданий желательное привлечение также

других методов статистического анализа, удовлетворяющих современным требованиям.

В книге приведено большее количество работ, чем может быть выполнено за время, отводимое по учебному плану, что обеспечивает выбор заданий в зависимости от оборудования лаборатории и содержания рабочих программ кафедры.

Для облегчения подготовки студентов к коллоквиумам и зачетам каждое задание сопровождается контрольными вопросами, а в конце книги рекомендуется дополнительная литература.

Книга снабжена приложениями, необходимыми для выполнения основных заданий и контрольных работ, что избавляет студентов от постоянного обращения к малодоступным справочникам.

Работы № 1 — 16, 68 написаны В. Ф. Монастырским; 17—21, 32, 36, 56 — 67, 71 — 78 — А. А. Мержанианом; 22, 23, 37 — 55 — В. А. Толмачевым; 24—30, 33—35, 70 — И. Б. Платоновым; 31, 69 — Ю. Д. Тагунковым.

Глава I. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВИНМАТЕРИАЛОВ И ВИН

ПЛОТНОСТЬ

В виноделии величина плотности имеет значение для характеристики состава и качества соков (сусел) и вин (виноматериалов). При этом пользуются как абсолютной, так и относительной плотностью.

Абсолютная плотность ρ^t — масса единицы объема продукта — определяется отношением массы m к объему V_t этой массы при соответствующей температуре t ($\rho^t = m/V_t$) и измеряется в кг/м³ (СИ), кг/л или г/см³.

Величина ρ^t имеет постоянное значение для химически однородной смеси определенного состава. Изменение ρ^t от температуры, давления и концентрации компонентов у различных веществ и смесей неодинаково. При 20°С (293 К) и нормальном атмосферном давлении (760 мм рт. ст. или $\approx 0,1$ МПа) абсолютная плотность жидкостей считается стандартной (эталонной). Зависимость между стандартной плотностью ρ^{20} и плотностью при температуре t в общем виде выражается уравнением

$$\rho^{20} = \rho^t + \gamma_{t_2}^{t_1} (t - 20) = m / \{ V_{20} [1 + \alpha_{t_2}^{t_1} (20 - t)] \}, \quad (1)$$

где $\gamma_{t_2}^{t_1}$ — средняя температурная поправка к плотности, кг/(м³·°С), кг/(л·°С) или г/(см³·°С); $\alpha_{t_2}^{t_1}$ — средняя температурная поправка к объему на каждый градус в интервале температур от t_1 до t_2 (при $t_1 \leq t \leq t_2$), 1/°С.

Изменение состава смесей вызывает пропорциональное изменение величины их плотности в сторону абсолютных значений ρ_n^t компонентов, концентрация которых увеличивается. Зависимость ρ^t смеси от концентрации компонентов в большинстве случаев подчиняется правилу аддитивности:

$$\rho^t = (m_1 + \dots + m_i + \dots + m_n) / V_t = \sum_{i=1}^{i=n} m_i / V_t = \sum_{i=1}^{i=n} V_t^i \rho_i^t / V_t = \sum_{i=1}^{i=n} x_i \rho_i^t, \quad (2)$$

где 1, ..., i , ..., n — компоненты смеси; $m_1, \dots, m_i, \dots, m_n$ — массы компонентов; m_i, V_t^i, ρ_i^t — соответственно масса, объем и абсолютная плотность i -го компонента; x_i — концентрация i -го компонента, доли от единицы (по объему).

У некоторых смесей, например у водно-спиртовых или водно-кислотных растворов, строгая пропорциональность изменения ρ^t от концентрации компонентов отсутствует в силу образования гидратов или возникновения водородных связей, вызывающих контракцию (сжатие объемов). Например, уксусная кислота имеет наибольшую плотность при концентрации около 78%, а 100%-ная — такую же, как и 41%-ная. Величина ρ^t таких смесей подчиняется законам аддитивности с допустимой для практических целей погрешностью только в интервале определенной температуры и концентрации компонентов. Поэтому ρ^t многокомпонентных смесей не может быть определена с гарантированной точностью для любых значений температуры и состава по формулам (1) и (2).

В ряде случаев пользуются относительной плотностью d — безразмерной величиной, представляющей собой отношение абсолютной плотности продукта ρ^t к абсолютной плотности «стандартного» вещества ρ_0^t : $d = \rho^t / \rho_0^t$.

Для жидких веществ и их растворов в качестве «стандартного» вещества принята вода при температуре 4°С и нормальном атмосферном давлении (≈ 1013 гПа). Часто также относительную плотность определяют по отношению к плотности воды при температуре 20°С, реже — при других температурах. В связи с этим относительная плотность соков и вин записывается с указанием двух температур: продукта (вверху) и воды (внизу). Например: $d_{4,20}^{20} = 0,9780$; $d_{20,20}^{20} = 1,0784$. Перевод d_{t_1, t_2}^t в $d_{t_1}^t$ или $d_{t_2}^t$ и наоборот проводят соответственно по формулам: $d_{t_1}^t = d_{t_1, t_2}^t \cdot \rho_0^t / \rho_0^t$ и $d_{t_2}^t = d_{t_1, t_2}^t \cdot \rho_0^{t_2} / \rho_0^t$, где ρ_0^t — абсолютная плотность воды при температуре t_1 , кг/м³; ρ_0^4 и ρ_0^{20} — абсолютная плотность воды при температурах 4 и 20°С, кг/м³. Отношения ρ_0^t / ρ_0^4 и ρ_0^t / ρ_0^{20} являются постоянными для соответствующих температур величинами, что облегчает пересчет.

Например, перевод $d_{20,20}^{20}$ в $d_{4,20}^{20}$ проводят так: $d_{4,20}^{20} = d_{20,20}^{20} \cdot 998,23 : 1000,00$, а $d_{15,20}^{20}$ — через коэффициент 1,0009: $d_{20,20}^{20} = d_{15,20}^{20} \cdot 999,13 : 998,23 = d_{15,20}^{20} \cdot 1,0009$. Здесь 1000,00; 999,13 и 998,23 — абсолютная плотность воды соответственно при 4, 15 и 20°С.

Величину абсолютной плотности используют при учете жидких продуктов виноделия для определения их объема по массе ($V_t = m / \rho^t$, $V_{20} = m / \rho^{20}$) или массы по объему ($m = V_t \rho^t = V_{20} \rho^{20}$), а также для приведения объема, измеренного при температуре t , к объему при 20°С и наоборот: $V_{20} = V_t \rho^t / \rho^{20}$ и $V_t = V_{20} \rho^{20} / \rho^t$.

Кроме того, измеряя абсолютную и относительную плотности, можно определять химический состав продуктов виноделия, в частности содержание сахара в сусле, спирта и общего экстракта в вине и т. д., а также объективно контролировать ход брожения сусла, переработку отходов виноделия методом экстрагирования и др.

Плотность соков и вин в силу значительных различий их состава по основным показателям (по содержанию спиртов, сахаров и кислот) точно может быть определена только аналитическими методами. Из них наибольшее распространение получили пикно-

метрический и денситометрический. Денситометрический метод проще и быстрее, но уступает пикнометрическому по точности.

Помимо экспериментального определения, плотность соков и вин может быть вычислена по эмпирическим зависимостям ρ' от химического состава. Расчетные формулы в интервале определенных концентраций основных компонентов дают результаты, достаточно точные для технических целей.

РАБОТА № 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ПУТЕМ

Принадлежности к работе. Пикнометры или мерные колбы на 50 или 100 мл с наружным диаметром горлышка 6 ± 1 мм; денсиметры стеклянные 2-го класса точности, измеряющие d_{4}^{20} (ρ^{20} в г/см³) или d_{20}^{20} от 0,900 до 1,150; весы аналитические с пределом взвешивания до 200 г 1-го класса точности; цилиндры стеклянные вместимостью около 250 мл с внутренним диаметром на 25—30 мм больше диаметра денсиметров; ультратермостат с выносной системой циркуляции; термостатические ванны стеклянные на 3 л (для пикнометров и мерных колб) и на 5 л (для цилиндров); термометры стеклянные лабораторные с ценой деления 0,5 или 1,0°С; вода дистиллированная; бумага фильтровальная лабораторная; эксикатор; сушильный шкаф; реактивы и посуда для определения содержания сахара, спирта, общего и приведенного экстракта, титруемой и летучей кислотности в исследуемых продуктах.

Пикнометрический метод

Метод основан на измерении массы m (в г) определенного объема V_t (в мл) продукта при температуре t (в °С) с последующим вычислением абсолютной и относительной плотностей по формулам. Массу продукта устанавливают по результатам взвешивания пустого и заполненного пикнометра или мерной колбы, а его объем — по массе воды в объеме пикнометра или колбы при тех же условиях.

Сначала определяют массу m_1 пустого пикнометра. Предварительно пикнометр тщательно ополаскивают дистиллированной водой, высушивают струей теплого воздуха или в шкафу при 100—105°С, охлаждают в эксикаторе не менее 15 мин, а перед взвешиванием помещают в футляр весов на 15—20 мин. Операции мойки, сушки и взвешивания повторяют с одним и тем же пикнометром, пока расхождение между двумя последними взвешиваниями не составит 0,0003 г. За m_1 принимают результат последнего взвешивания.

Затем пикнометр заполняют несколько выше метки свежепрокипяченной охлажденной дистиллированной водой и, закрыв пробкой, помещают в термостат, в котором поддерживают указанную в задании температуру ($\pm 0,2^\circ\text{C}$) и уровень воды на 5—10 мм выше уровня воды в пикнометре. Через 20—30 мин, не вынимая пикнометр из термостата, уровень воды в нем доводят точно до метки (пузырьки воздуха на внутренней поверхности пикнометра и пену удаляют) и тщательно высушивают фильтровальной бумагой внутреннюю поверхность шейки пикнометра над уровнем воды. После этого пикнометр с водой закрывают пробкой, вынимают из бани, досуха вытирают сухим полотенцем, ставят в футляр весов

и через 30 мин взвешивают с точностью до 0,0001 г. Операции от заполнения до взвешивания повторяют. Среднее арифметическое взвешиваний, сходимость результатов которых не хуже 0,0030 г, принимают за массу m_2 пикнометра с водой.

Масса m_0 воды в объеме пикнометра называется «водным числом» пикнометра при температуре измерения. Его находят по разности m_2 и m_1 и периодически проверяют.

Вместимость V_t пикнометра — объем его содержимого при температуре определения — рассчитывают по формуле $V_t = (m_2 - m_1)/\rho_0^t = m_0/\rho_0^t$, где ρ_0^t — плотность воды при температуре опыта, г/см³ или г/мл.

Массу m_3 продукта в объеме пикнометра при заданной температуре определяют так же, как и массу воды, при этом влажный пикнометр перед заполнением достаточно 3—4 раза ополоснуть небольшими порциями исследуемого продукта.

Абсолютную плотность продукта при заданной температуре рассчитывают по формуле $\rho^t = (m_3 - m_1)\rho_0^t/(m_2 - m_1)$, а относительную — по одной из следующих формул: $d_1^t = (m_3 - m_1)/(m_2 - m_1) = m/m_0$; $d_4^t = [(m_3 - m_1)/(m_2 - m_1)](\rho_0^t/\rho_0^4) = d_4^t K_4^t$; $d_{20}^t = [(m_3 - m_1)(m_2 - m_1)](\rho_0^t/\rho_0^{20}) = d_4^t K_{20}^t$.

Значения ρ_0^t (в кг/м³), а также коэффициентов K_4^t и K_{20}^t — коэффициентов для пересчета d_1^t соответственно в d_4^t и d_{20}^t , и на оборот при стандартном веществе «вода» — берут по заданной температуре t (в °C) из табл. 1 (при необходимости применяют прямое интерполирование).

Вычисления ρ проводят с точностью до второго десятичного знака, d — до пятого, а результаты ρ и d фиксируют соответственно с одним и четырьмя десятичными знаками. Абсолютное отклонение двух повторных результатов определения ρ не должно превышать 0,2 кг/м³, а d — 0,0002.

Пример 1. Масса пустого пикнометра 12,4936 г, пикнометра с водой при 13° С — 59,1386 г, а пикнометра с вином при 13° С — 59,6681 г. Определить плотности ρ^{13} , d_{13}^{13} , d_4^{13} , d_{20}^{13} .

$$\rho^{13} = [(59,6681 - 12,4936)/(59,1386 - 12,4936)] \cdot 999,40 = 1,0114 \cdot 999,40 = 1010,8 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{13}^{13} = (59,6681 - 12,4936)/(59,1386 - 12,4936) = 1,0114;$$

$$d_4^{13} = 1,0114 \cdot 0,99940 = 1,0108;$$

$$d_{20}^{13} = 1,0114 \cdot 1,00117 = 1,0126.$$

Денситометрический метод

Метод основан на законе Архимеда. Сущность метода заключается в измерении плотности жидких продуктов по степени погружения в них денсиметра — ареометра, шкала которого градуи-

Таблица 1. Плотность воды ρ_0^t и коэффициенты K_4^t и K_{20}^t для перевода d_4^t в d_4^t и d_{20}^t при различных температурах t

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_0^t, \text{кг/м}^3$ $10^3 \cdot K_4^t$	K_{20}^t	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_0^t, \text{кг/м}^3$ $10^3 \cdot K_4^t$	K_{20}^t
0	999,87	1,00164	44	990,70	0,99246
2	999,97	1,00174	46	989,85	0,99161
4	1000,00	1,00177	48	989,00	0,99075
6	999,97	1,00174	50	988,10	0,98985
8	999,88	1,00165	52	987,20	0,98895
10	999,73	1,00153	54	986,25	0,98800
12	999,52	1,00129	56	985,30	0,98705
14	999,27	1,00104	58	984,30	0,98605
16	998,97	1,00074	60	983,25	0,98499
18	998,62	1,00039	62	982,20	0,98394
20	998,23	1,00000	64	981,10	0,98284
22	997,80	0,99957	66	980,00	0,98174
24	997,32	0,99909	68	978,90	0,98064
26	996,81	0,99858	70	977,80	0,97953
28	996,26	0,99806	72	976,65	0,97838
30	995,67	0,99744	74	975,50	0,97723
32	995,05	0,99681	76	974,30	0,97603
34	994,40	0,99616	78	973,10	0,97483
36	993,71	0,99537	80	971,85	0,97357
38	992,99	0,99475	82	970,60	0,97232
40	992,24	0,99400	84	969,30	0,97102
42	991,50	0,99326	86	968,00	0,96972

рована в единицах плотности. В винодельческой отрасли применяются стандартные денсиметры общего назначения не ниже 2-го класса точности, градуированные для измерения ρ при 20°C в г/см³ (кг/л), что отвечает плотности d_4^{20} и ρ^{20} .

В отличие от пикнометрического денситометрический метод позволяет непосредственно и сравнительно быстро определять плотность продукта при температуре наблюдения, в том числе и минусовой. Его недостаток состоит в меньшей точности результатов, а при измерениях со значительными отклонениями от стандартной температуры — в снижении достоверности показаний в силу изменения объема самого прибора.

При определении плотности соков и вин их предварительно фильтруют (при необходимости), без вспенивания наливают в чистый стеклянный цилиндр и помещают в баню термостата, где поддерживается заданная температура ($\pm 0,5^\circ\text{C}$). Через 30 мин, не вынимая цилиндра из бани, в продукт опускают строго вертикально чистый и сухой денсиметр, давая ему возможность постепенно погружаться до тех пор, пока не станет очевидным, что он плавает. Показания снимают не ранее чем через 1 мин по нижнему мениску с точностью до четвертого десятичного знака (четвертый знак берется приближенно).

Таблица 2. Поправки к показаниям денсиметра для приведения плотности соков и вин к стандартной (при 20°С)

Температура, °С	Содержание спирта, % об.							
	До 0,5		10	12	15		18	20
	Содержание сахара, %							
	14—18	20—24	До 0,5	5	5	10	15	5

От показаний денсиметра отнять

10	0,0025	0,0028	0,0019	0,0021	0,0023	0,0028	0,0030	0,0032	0,0033	0,0035	0,0037	0,0036
11	0,0023	0,0026	0,0018	0,0020	0,0022	0,0025	0,0028	0,0030	0,0030	0,0032	0,0034	0,0033
12	0,0021	0,0024	0,0017	0,0018	0,0020	0,0021	0,0025	0,0028	0,0027	0,0029	0,0031	0,0030
13	0,0019	0,0021	0,0015	0,0016	0,0018	0,0022	0,0022	0,0025	0,0024	0,0026	0,0027	0,0027
14	0,0017	0,0018	0,0013	0,0014	0,0016	0,0019	0,0019	0,0021	0,0021	0,0022	0,0023	0,0024
15	0,0015	0,0015	0,0011	0,0012	0,0014	0,0015	0,0016	0,0017	0,0017	0,0018	0,0019	0,0020
16	0,0012	0,0012	0,0009	0,0010	0,0012	0,0013	0,0013	0,0014	0,0014	0,0015	0,0016	0,0016
17	0,0009	0,0009	0,0007	0,0008	0,0009	0,0010	0,0010	0,0010	0,0011	0,0012	0,0012	0,0012
18	0,0006	0,0006	0,0005	0,0006	0,0006	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0008	0,0008	0,0008
19	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004

К показаниям денсиметра прибавить

21	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0004	0,0003	0,0004	0,0004	0,0004
22	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0007	0,0007	0,0007	0,0008	0,0009	0,0008
23	0,0009	0,0010	0,0009	0,0010	0,0010	0,0010	0,0011	0,0011	0,0011	0,0012	0,0013	0,0013
24	0,0012	0,0013	0,0012	0,0012	0,0013	0,0013	0,0015	0,0016	0,0015	0,0016	0,0017	0,0017
25	0,0015	0,0017	0,0015	0,0015	0,0016	0,0016	0,0019	0,0020	0,0019	0,0020	0,0022	0,0021
26	0,0018	0,0020	0,0018	0,0018	0,0019	0,0020	0,0023	0,0024	0,0023	0,0024	0,0026	0,0026
27	0,0021	0,0023	0,0021	0,0021	0,0022	0,0023	0,0027	0,0028	0,0027	0,0029	0,0031	0,0030
28	0,0024	0,0027	0,0024	0,0025	0,0026	0,0027	0,0030	0,0032	0,0031	0,0033	0,0035	0,0034
29	0,0028	0,0030	0,0027	0,0029	0,0030	0,0032	0,0034	0,0036	0,0035	0,0037	0,0040	0,0038
30	0,0032	0,0034	0,0030	0,0033	0,0034	0,0036	0,0038	0,0040	0,0039	0,0041	0,0044	0,0042

При проведении замеров не следует допускать касания денсиметра к стенкам и дну цилиндра, образования на поверхности денсиметра пузырьков газа, погружения денсиметра в исследуемый продукт более чем на 2—3 деления шкалы выше отметки равновесного состояния.

Приведение результатов определения ρ при заданной температуре к результатам при других температурах можно осуществлять введением в показания денсиметра соответствующей температурной поправки, которая зависит от состава исследуемого продукта и находится опытным путем. В табл. 2 приведены поправки к показаниям стандартных денсиметров для вин с различными условиями при температуре от 10 до 30°С. Для технических целей можно также вводить поправку $\pm 0,0002$ на каждый градус отклонения температуры от 20°С. При приведении плотности к меньшей температуре поправка прибавляется, к большей — вычитается.

Перевод величины d_4^{20} в d_{20}^{20} проводят по формуле $d_{20}^{20} = d_4^{20} \rho_0^4 / \rho_0^{20}$, где ρ_0^4 и ρ_0^{20} — плотность воды соответственно при 4 и 20°С, кг/м³.

Значения ρ_0^4 берут из табл. 1.

Пример 2. Средняя величина показаний денсиметра при $t = 293$ К (20°С) составила 1,0754 г/см³, а при $t = 299$ К (26°С) — 1,0734 г/см³. Определить ρ^{20} , ρ^{26} , d_{20}^{20} , $\Delta \rho^{26} / \Delta t_{20}^{26}$ и $\Delta d_{20}^{26} / \Delta t_{20}^{26}$.

$$\rho^{20} = 1075,4 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho^{26} = 1073,4 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{20}^{20} = 1075,4 : 998,23 = 1,0773;$$

$$d_{20}^{26} = 1073,4 : 998,23 = 1,0753;$$

$$\Delta \rho^{26} / \Delta t_{20}^{26} = (1073,4 - 1075,4) / (26 - 20) = -0,33 \text{ кг/(м}^3 \cdot \text{град)};$$

$$\Delta d_{20}^{26} / \Delta t_{20}^{26} = (1,0753 - 1,0773) / (26 - 20) = -0,00033 \text{ град}^{-1}.$$

Другие экспериментальные методы определения плотности соков и вин, например при помощи гидростатических весов Мора или Вестфала, по величине гидростатического давления, методом уравнивания плотностей, не имеют преимуществ перед пикнометрическим или денситометрическим.

РАБОТА № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ РАСЧЕТОМ

Вычисление плотности виноградного сока

Плотность ρ_t^t виноградного сока (сусла) при заданной температуре t вычисляют по следующей эмпирической формуле, если известны содержание общего экстракта и титруемая кислотность продукта:

$$\rho_t^t = \rho_0^t + K_2 (0,62 + 0,3 K_2) (\rho_c^t - \rho_0^t) + K_3,$$

где ρ_0^t — плотность воды при температуре продукта t , кг/м³; ρ_c^t — плотность сахарозы при температуре t , кг/м³; K_2 — содержание сухих веществ, доли от единицы (по массе); K_3 — содержание кислот в пересчете на винную, кг/м³.

Плотность воды при расчетной температуре находят в табл. 1. Плотность сахарозы принимают равной 1587,9 кг/м³ при всех практических температурах.

Значения K_2 рассчитывают по содержанию сухих веществ (СВ, % мас.), определенному при стандартной температуре (20° С, 293 К): $K_2 = \text{СВ} : 100$.

Содержание сухих веществ и титруемую кислотность устанавливают методами, принятыми в энохимической практике.

Сухие вещества определяют выпариванием навески продукта до постоянной массы на кипящей водяной бане. Для этого берут навеску сока около 7 г в чистый сухой плоскодонный никелевый или стеклянный бюкс диаметром 3,5—4,0 см, предварительно взвешенный вместе с крышкой с точностью до 0,0001 г. После выпаривания воды навеску держат на кипящей бане еще 1 ч, а затем вместе с крышкой переносят в эксикатор на 0,5 ч для охлаждения. Перед взвешиванием бюкс, закрытый крышкой, помещают в футляр весов и через 15 мин взвешивают с такой же точностью. Содержание сухих веществ (СВ, % мас.) определяют по формуле

$$\text{СВ} = [(m_2 - m) / (m_1 - m)] \cdot 100, \quad (3)$$

где m — масса пустого бюкса, г; m_1 — масса бюкса с продуктом, г; m_2 — масса бюкса с сухим остатком продукта, г.

При приближенных расчетах K_2 можно вычислять по содержанию общего экстракта либо по сахаристости и приведенному экстракту:

$$K_2 = \mathcal{E}_0 / 100 = (C + \mathcal{E}_n) / 100,$$

где $\mathcal{E}_0$ — общий экстракт сока, г на 100 мл (%); $\mathcal{E}_n$ — приведенный экстракт сока, г на 100 мл (%), который принимают равным 1,5—2,5% для соков (сусел) из белых сортов винограда и 3,0—4,0% — из красных; C — сахаристость сока, г на 100 мл (%).

Общий экстракт определяют так же, как и сухие вещества, с той лишь разницей, что на выпаривание берут не навеску продукта, а определенный его объем (10 мл). Экстракт рассчитывают по следующей формуле: $\mathcal{E}_0 = (m_2 - m_1) \cdot 100 / V_{20}$, где V_{20} — объем взятого на упаривание продукта, мл.

Титруемую кислотность определяют потенциометрическим титрованием 10 мл продукта (после добавления 20—30 мл дистиллированной воды) 0,1 н. раствором гидроксида калия или натрия. Настройку рН-метра проводят по стандартному буферному раствору с рН 3—6. Титрование ведут при включенной магнитной мешалке до установления рН $7 \pm 0,02$. Расчет титруемой кислотности T (в г/л) проводят с точностью до 0,1 г/л по формуле $T = 0,75 V'_{20} K_T$, где V'_{20} — расход щелочи на титрование 10 мл продукта, мл; K_T — поправочный коэффициент титра щелочи.

Пример 3. Сок содержит 16,6% СВ (16,6 г на 100 г), его титруемая кислотность 6,2 г/л. Определить p^8 , d^8_{20} и d^8_4 .

$$\rho^8_0 = 999,88 \text{ кг/м}^3; K_2 = 16,6 : 100 = 0,166; K_3 = 6,2 \text{ кг м}^3;$$

$$\rho^8 = 999,88 + 0,166 \cdot (0,62 + 0,3 \cdot 0,166) \cdot (1587,9 - 999,88) + 6,2 = 1071,5 \text{ кг/м}^3$$

$$d_8^8 = \rho^8 / \rho_0^8 = 1071,5 : 999,88 = 1,0716;$$

$$d_{20}^8 = d_8^8 K_{20}^8 = 1,0716 \cdot 1,00165 = 1,0734;$$

$$d_4^8 = \rho^8 : \rho_0^4 = 1071,46 : 1000,00 = 1,0715.$$

Вычисление плотности виноградного вина

Плотность ρ^t виноматериалов и вин можно вычислить по содержанию в них общего экстракта, спирта и кислот, воспользовавшись уравнением с эмпирическими коэффициентами:

$$\rho^t = \rho_0^t - K_1 [(0,95 - 0,2 K_1) \rho_0^t - \rho_a^t] + K_2 [(0,62 + 0,3 K_2) (\rho_c^t - \rho_0^t)] + K_3,$$

где ρ_0^t — плотность воды при температуре t продукта, кг/м³; ρ_a^t — плотность безводного этилового спирта (жидкого) при температуре t продукта, кг/м³; ρ_c^t — плотность сахарозы при температуре t , кг/м³; K_1 — содержание спирта в продукте при 20° С, доли от единицы (по массе); K_2 — содержание сухих веществ или общего экстракта в продукте при 20° С, доли от единицы (по массе); K_3 — содержание титруемых кислот при 20° С в пересчете на винную, кг/м³.

Плотность ρ_0^t находят по табл. 1, ρ_a^t берут из табл. 3, а ρ_c^t принимают равной 1587,9 кг/м³ при всех заданных значениях температуры.

Таблица 3. Плотность этилового спирта (в кг/м³) при различной температуре

$t, ^\circ\text{C}$	T, K	ρ_a^t	$t, ^\circ\text{C}$	T, K	ρ_a^t	$t, ^\circ\text{C}$	T, K	ρ_a^t	$t, ^\circ\text{C}$	T, K	ρ_a^t	$t, ^\circ\text{C}$	T, K	ρ_a^t
0	273	806,25	10	283	797,88	20	293	789,45	30	303	780,96	40	313	772,20
1	274	805,41	11	284	797,04	21	294	788,60	31	304	780,12	45	318	767,75
2	275	804,57	12	285	796,20	22	295	787,75	32	305	779,27	50	323	763,30
3	276	803,74	13	286	795,35	23	296	786,91	33	306	778,41	55	328	758,80
4	277	802,90	14	287	794,51	24	297	786,06	34	307	777,56	60	333	754,15
5	278	802,07	15	288	793,67	25	298	785,22	35	308	776,71	65	338	749,40
6	279	801,23	16	289	792,83	26	299	784,37	36	309	775,85	70	343	744,50
7	280	800,39	17	290	791,98	27	300	783,52	37	310	775,0	75	338	739,70
8	281	799,56	18	291	791,14	28	301	782,67	38	311	774,14	80	353	734,80
9	282	798,72	19	292	370,29	29	302	781,82	39	312	773,29	100	373	715,70

Значения K_1 , K_2 и K_3 рассчитывают по концентрациям в исследуемом образце вина спирта (в % мас.), общего экстракта (в % мас.) и титруемых кислот (в г/л), которые определяют аналитическим путем, либо они указываются в задании. Общий экстракт и титруемую кислотность вин определяют так же, как и сока. Содержание спирта в продукте устанавливают по плотности отгона с помощью пикнометра или спиртомера либо по коэффициенту преломления отгона, определенному на рефрактометре. Результаты в % об. переводят в % мас., пользуясь табл. 4.

Пример 4. Виноматериал при 20° С имеет сахаристость 8,0% мас., содержит спирта 20,0% мас. и общего экстракта 10,0% мас., в том числе титруемых кислот 5,0 г/л. Определить ρ^{60} , d_{20}^{60} , d_{60}^{60} и d_4^{60} .

Таблица 4. Соотношение массовых и объемных процентов содержания этилового спирта и экстракта (по сахарозе) в водных растворах при 20° С

Содержание спирта в водном растворе				Содержание экстракта в водном растворе			
% мас.	% об.	% об.	% мас.	% мас.	% (г на 100 мл)	% (г на 100 мл)	% мас.
1,0	1,3	1,0	0,8	1,0	1,00	1,0	1,00
2,0	2,5	2,0	1,6	2,0	2,01	2,0	1,99
3,0	3,8	3,0	2,4	3,0	3,03	3,0	2,97
4,0	5,0	4,0	3,2	4,0	4,06	4,0	3,95
5,0	6,3	5,0	4,0	5,0	5,09	5,0	4,91
6,0	7,5	6,0	4,8	6,0	6,13	6,0	5,88
7,0	8,8	7,0	5,6	7,0	7,18	7,0	6,83
8,0	10,0	8,0	6,4	8,0	8,24	8,0	7,78
9,0	11,2	9,0	7,2	9,0	9,31	9,0	8,71
10,0	12,4	10,0	8,0	10,0	10,38	10,0	9,65
11,0	13,7	11,0	8,8	11,0	11,46	11,0	10,57
12,0	14,9	12,0	9,6	12,0	12,56	12,0	11,49
13,0	16,1	13,0	10,5	13,0	13,66	13,0	12,40
14,0	17,3	14,0	11,3	14,0	14,77	14,0	13,31
15,0	18,5	15,0	12,1	15,0	15,89	15,0	14,21
16,0	19,7	16,0	12,9	16,0	17,02	16,0	15,10
17,0	21,0	17,0	13,7	17,0	18,15	17,0	15,99
18,0	22,2	18,0	14,6	18,0	19,30	18,0	16,87
19,0	23,4	19,0	15,4	19,0	20,46	19,0	17,74
20,0	24,6	20,0	16,2	20,0	21,62	20,0	18,61
22,0	26,9	22,0	17,9	22,0	23,98	22,0	20,32
24,0	29,3	24,0	19,5	24,0	26,38	24,0	22,02
26,0	31,6	26,0	21,2	26,0	28,81	26,0	23,69
28,0	34,0	28,0	22,9	28,0	31,29	28,0	25,44
30,0	36,3	30,0	24,6	30,0	33,78	30,0	26,96
35,0	41,9	35,0	28,9	35,0	40,29	35,0	30,93
40,0	47,4	40,0	33,3	40,0	47,06	40,0	34,78

$$\rho_0^{60} = 983,25 \text{ кг/м}^3; \rho_a^{60} = 754,15 \text{ кг/м}^3; \rho_c^{60} = 1587,9 \text{ кг/м}^3; K_1 = 0,2; K_2 = 0,1; K_3 = 5,0 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho^{60} = 983,25 - 0,2 \cdot [(0,95 - 0,2 \cdot 0,2) \cdot 983,25 - 754,15] + 0,1 \cdot [(0,62 + 0,3 \cdot 0,1) \times (1587,9 - 983,25)] + 5,0 = 999,4 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{20}^{60} = \rho^{60} / \rho_0^{20} = 999,4 : 998,23 = 1,0012;$$

$$d_{60}^{60} = \rho^{60} / \rho_0^{60} = 999,4 : 983,25 = 1,0165;$$

$$d_4^{60} = \rho^{60} / \rho_0^4 = 999,4 : 1000,00 = 0,9994.$$

Для технических целей величина плотности виноматериалов и вин при заданной температуре может быть вычислена по принципу аддитивности. Практическое применение имеет аддитивная зависимость плотности от состава вина, аппроксимированная по трем основным его компонентам: сахарозе, этиловому спирту и воде. При аппроксимировании нелетучие компоненты вина (общий экстракт) условно считают сахарозой, а летучие (кроме воды) — этиловым спиртом. Расчет плотности ведут по следующим формулам:

$$\rho^t = \rho_{\text{э}}^t + \rho_{\text{д}}^t - \rho_0^t \text{ или } \rho^t = \rho_0^t (a_{t_{\text{э}}}^t + a_{t_{\text{д}}}^t - 1); \quad (4)$$

$$d_{t_{\text{э}}}^t = \rho_{\text{э}}^t / \rho_0^t + \rho_{\text{д}}^t / \rho_0^t - 1 = d_{t_{\text{э}}}^t + d_{t_{\text{д}}}^t - 1 = \rho^t / \rho_0^t;$$

$$d_{t_4}^t = \rho^t / \rho_0^t = \rho_{\text{э}}^t / \rho_0^t + \rho_{\text{д}}^t / \rho_0^t - K_4^t = d_{t_{\text{э}}}^t + d_{t_{\text{д}}}^t - K_4^t = d_{t_4}^t K_4^t;$$

$$d_{20}^t = \rho^t / \rho_0^{20} = \rho_{\text{э}}^t / \rho_0^{20} + \rho_{\text{д}}^t / \rho_0^{20} - K_{20}^t = d_{20_{\text{э}}}^t + d_{20_{\text{д}}}^t - K_{20}^t = d_{t_4}^t K_{20}^t,$$

где ρ^t — плотность вина при заданной температуре t , кг/м³; $\rho_{\text{э}}^t$ — плотность экстракта вина, приравненного к сахарозе, при температуре t , кг/м³; $\rho_{\text{д}}^t$ — плотность дистиллята (отгона) вина, приравненного к водному раствору этилового спирта, при температуре t , кг/м³; ρ_0^t — плотность воды при температуре t , кг/м³; $d_{t_{\text{э}}}^t$, $d_{t_{\text{д}}}^t$, $d_{20_{\text{э}}}^t$ — относительные плотности экстракта вина при соответствующих температурах продукта и воды; $d_{t_{\text{д}}}^t$, $d_{20_{\text{д}}}^t$ — относительные плотности дистиллята вина (отгона) при соответствующих температурах продукта и воды; K_4^t и K_{20}^t — коэффициенты пересчета плотности воды от температуры t к 4 и 20° С.

Общий экстракт и содержание спирта в продукте определяют для стандартных условий (20° С) по методикам, применяемым в энохимическом анализе. Расчетные величины $\rho_{\text{э}}^t$ и $\rho_{\text{д}}^t$ при заданной температуре t (К или °С) берут интерполированием из таблиц по аналитическим данным о содержании в вине соответственно экстракта и спирта: $\rho_{\text{э}}^t$ — из табл. 5; $\rho_{\text{д}}^t$ — из табл. 6. Величины ρ_0^t , K_4^t и K_{20}^t для соответствующих температур находят в табл. 1.

Таблица 5. Плотность $\rho_{\text{э}}^t$ водных растворов экстракта вина, приравненного к сахарозе, при различной температуре

Общий экстракт		$\rho_{\text{э}}^t$ при температуре К/°С, кг/м ³								
% мас.	г на 100 мл	273/0	283/10	293/20	303/30	313/40	323/50	333/60	343/70	353/80
5,0	5,09	1020	1020	1018	1015	1011	1007	1002	997	991
10,0	10,38	1041	1040	1038	1035	1031	1027	1023	1018	1012
15,0	15,89	1064	1062	1059	1056	1052	1048	1044	1039	1033
20,0	21,62	1088	1085	1081	1078	1075	1071	1067	1062	1057
25,0	27,59	1113	1108	1104	1101	1098	1094	1090	1085	1080
30,0	33,78	1138	1132	1128	1124	1121	1118	1113	1108	1103

Пример 5. Виноматериал имеет температуру 318 К (45° С). При нормальных условиях содержание общего экстракта в нем равно 11,5% мас., содержание спирта — 18,5% об. Рассчитать плотность при 318 К (45° С).

$$\rho^{45} = 1035,3 + 964,9 - 990,3 = 1009,9 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{45}^{45} = 1009,9 : 990,3 = 1,0198;$$

$$d_4^{45} = 1009,9 : 1000,0 = 1,0099;$$

$$d_{20}^{45} = 1009,9 : 998,23 = 1,0117.$$

Т а б л и ц а 6. Плотность ρ_d^t водных растворов этилового спирта при различных температурах

Содержание спирта		ρ_d^t при температуре К/°С, кг/м³								
% мас.	% об.	273/0	283/10	293/20	303/30	313/40	323/50	333/60	343/70	353/80
5,0	6,3	991,4	991,1	989,5	986,8	983,5	979,5	973,6	967,4	961,4
10,0	12,4	984,9	984,1	982,0	978,9	974,9	971,0	964,0	957,0	951,0
15,0	18,5	979,9	978,2	975,3	971,4	966,8	963,0	955,5	948,0	940,5
20,0	24,6	975,7	972,6	968,8	964,1	958,8	952,9	947,0	939,0	932,0
25,0	30,5	971,2	966,7	961,9	956,3	950,0	943,8	937,3	929,0	921,0
30,0	36,3	965,4	960,0	954,0	947,5	940,8	934,4	927,0	919,0	910,0
35,0	41,9	957,8	951,7	945,1	938,1	930,5	923,7	915,3	906,8	898,0
40,0	47,4	949,4	942,6	935,1	927,9	920,1	912,1	903,0	894,0	885,0
45,0	52,7	939,8	932,5	924,9	917,1	909,0	900,8	891,9	882,8	873,9
50,0	56,9	929,4	921,8	914,0	905,8	897,6	889,1	880,0	871,0	862,0
55,0	62,9	918,5	910,7	902,8	894,6	886,2	877,6	868,7	859,1	850,1

РАБОТА № 3. СОПОСТАВИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА И ВЫБОР МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ

Конечные результаты экспериментальных и расчетных методов определения плотности сока или вина сопоставляют по статистическим характеристикам с результатом пикнометрического метода, который считается наиболее точным, так как в абсолютных единицах результаты этого метода варьируют с отклонениями ρ^t не более $\pm 0,1$ кг/м³, а $d_{t,1}^t$ — не более $\pm 0,0001$.

Так, наибольшая ошибка результата, в частности в примере 1, равна: $\Delta \rho^t / \rho^t = \Delta m_3 / (m_2 - m_1) + \Delta m_1 / (m_2 - m_1) + \Delta m_2 / (m_3 - m_1) + \Delta m_1 / (m_3 - m_1)$; $\Delta \rho^{13} / \rho^{13} = (0,0030 + 0,0003) / (59,1386 - 12,4935) + (0,0030 + 0,0003) / (59,6681 - 12,4936) = 0,00014$ г/г, т. е. составляет всего 0,014%.

Для технических расчетов в большинстве случаев допустимы значения плотности, имеющие гораздо большие отклонения от результатов пикнометрического метода: в абсолютных единицах $\Delta \rho^t$ на 95%-ном уровне вероятности достигает $\pm 0,5$ кг/м³, а $\Delta d_{t,1}^t$ — $\pm 0,0005$.

Сопоставительную оценку методов проводят по величине абсолютных $\Delta \rho^t$ ($\Delta d_{t,1}^t$) и относительных δ_ρ (δ_d) отклонений результатов: $\Delta \rho^t = \rho_{\text{рас}} - \rho_{\text{он}}$, $\delta_\rho = \rho_{\text{рас/он}} = (\Delta \rho^t / \rho_{\text{он}}) \cdot 100$ (%), где $\rho_{\text{рас}}$ — величина плотности, полученная расчетным путем; $\rho_{\text{он}}$ — величина плотности, определенная пикнометром (среднее значение).

Выбор метода для решения практической задачи (указывается в задании) осуществляется по уровню точности и достоверности результатов, степени сложности их получения, трудоемкости и др. Погрешность данных расчетного метода не должна превышать погрешности данных, удовлетворяющих решению задачи с требуемой точностью: $\delta_{\rho_{\text{рас/он}}}^t \leq \delta_{\rho_{\text{усл}}}^t$

Достоверность данных оценивается сопоставлением их абсолютной ошибки $\Delta \rho_{\text{рас}}^t$ с допустимой $\Delta \rho_{\text{max}}^t$, указанной в задании. Допустимое отклонение значений плотности определяется из уравнения критерия Стьюдента t_n : $t_n = |\Delta \rho_{\text{max}}^t| / (0,5 \delta_{\rho_{\text{усл}}}^t \rho_{\text{оп}}^t)$, где t_n — величина критерия Стьюдента для положительных ρ^t на уровне значимости n различий краевых результатов по условию задачи; $\delta_{\rho_{\text{усл}}}^t$ — допустимая погрешность величины ρ^t по условию задачи (в абсолютных единицах).

Значения t_n при сопоставлении средних результатов двух опытов не превышают следующих величин: $t_{0,10} \leq 2,9$; $t_{0,05} \leq 4,3$; $t_{0,01} \leq 9,9$.

При сопоставлении средних результатов более чем двух опытов (методов) значения t_n для соответствующих уровней значимости и числа сопоставляемых результатов берут из справочных таблиц.

При $\Delta \rho_{\text{рас}}^t \leq \Delta \rho_{\text{max}}^t$ результат $\rho_{\text{рас}}^t$ считается достоверным, а при выполнении условий $\rho_{\text{оп}}^t + \Delta \rho_{\text{max}}^t \geq \rho_{\text{рас}}^t + \Delta \rho_{\text{усл}}^t$ и $\rho_{\text{оп}}^t - \Delta \rho_{\text{max}}^t \leq \rho_{\text{рас}}^t - \Delta \rho_{\text{усл}}^t$ — удовлетворяющим указанному в задании.

Пример 6. Определение абсолютной плотности виноматериала, содержащего 18,5% об. (15,0% мас.) спирта, имеющего экстрактивность 12,0% (11,5% мас.) и титруемую кислотность 4,5 г/л, различными методами при температуре 308 К (35°С) дало следующие результаты:

пикнометрический — 1014,6 кг/м³ (I);

денситометрический — 1015,1 кг/м³ (II);

расчетный по правилу аддитивности (формула 4) — 1014,3 кг/м³ (III).

Погрешность данных (II) и (III) равна: $\Delta \rho^{35}(\text{II}) = 1015,1 - 1014,6 = 0,5 \text{ кг/м}^3$; $\delta_{\rho}^{35}(\text{II}) = 0,5 \cdot 100 : 1014,6 = 0,049\%$; $\Delta \rho^{35}(\text{III}) = 1014,3 - 1014,6 = |0,3| \text{ кг/м}^3$; $\delta_{\rho}^{35}(\text{III}) = 0,3 \cdot 100 : 1014,6 = 0,030\%$.

По условию задания результаты предназначаются для вычисления массы продукта по объему с погрешностью $\delta_{\rho_{\text{усл}}}^{35} \leq 0,05\%$, т. е. $\pm 0,5 \text{ кг}$ на 1000 кг ($\pm 0,0005 \text{ кг/кг}$).

При таких условиях задания на 0,05%-ном уровне значимости различий краевых результатов двух сопоставляемых методов абсолютные отклонения ρ^{35} в диапазоне вероятных значений достигают: $\Delta \rho_{\text{max}}^{35} = 0,5 t_{0,05} \delta_{\rho_{\text{усл}}}^{35} \rho^{35}(\text{I})$, $|\Delta \rho_{\text{max}}^{35}| = 0,5 \cdot 4,3 \cdot 0,0005 \cdot 1014,6 = 1,1 \text{ кг/м}^3$, а сами значения варьируют в пределах $1014,6 \pm 1,1 \text{ кг/м}^3$, т. е. от 1013,5 до 1015,7 кг/м³.

Величины $|\Delta \rho^{35}(\text{II})|$ и $|\Delta \rho^{35}(\text{III})|$ меньше $|\Delta \rho_{\text{max}}^{35}|$ ($0,3 < 0,5 < 1,1 \text{ кг/м}^3$), $\delta_{\rho}^{35}(\text{II})$ и $\delta_{\rho}^{35}(\text{III})$ меньше $\delta_{\rho_{\text{усл}}}^{35}$ ($0,00030 < 0,00049 < 0,0005 \text{ кг/кг}$), а пределы варьирования $\rho^{35}(\text{II})$ и $\rho^{35}(\text{III})$ соответственно равны: $\rho^{35}(\text{II}) = 1015,1 \pm 0,5 = 1014,6 \div 1015,6 \text{ кг/м}^3$, $\rho^{35}(\text{III}) = 1014,3 \pm 0,5 = 1013,8 \div 1014,8 \text{ кг/м}^3$.

Так как абсолютные отклонения величин ρ^{35} не выходят за пределы граничных величин плотности диапазона вероятных значений для решения задачи выданного задания, данные $\rho^{35}(\text{II})$ и $\rho^{35}(\text{III})$ являются достоверными и одновременно удовлетворяющими точности решения задачи.

Полученные данные позволяют заключить, что определение плотности виноматериала при 35°С для вычисления массы продукта можно проводить и денсиметром, и расчетом по формуле аддитивности, однако данные расчетного метода отвечают целевому назначению с большей вероятностью, так как $\delta_{\rho}^{35}(\text{III}) < \delta_{\rho}^{35}(\text{II})$. Из этого следует, что расчетный метод может быть рекомендован для решения задачи на более высоком уровне точности результатов.

Отчет

Отчет о проделанных работах должен содержать задание, краткое изложение теории вопроса (основополагающие моменты) в соответствии с содержанием задания и его целевым назначением, краткое изложение программы работы и методики ее выполнения с приведением расчетных формул. Результаты измерений и вычислений отражаются в отчете в виде таблиц или графиков; обработка результатов проводится методами математической статистики. В заключение делается обобщенный вывод.

Рекомендуются следующие формы записи исходных и расчетных данных к работе.

Сопоставительная оценка экспериментального и расчетного методов
определения ρ^t ($d_{t'}^t$, $d_{t''}^t$ и т. п.)

Объект изучения _____

Температура t ($^{\circ}\text{C}$, K) _____

Аналитический метод	Расчетный метод
Первичные данные: $m_1 =$ $m_2 =$ $m_3 =$ $\rho_0^t =$	Первичные данные: (записывают вычисления и измерения недостающих и табличных данных для расчета)
Расчет: (записывается основная формула вычисления ρ^t в числовом виде)	Расчет: (записывается формула в числовом виде)
Результат:	Результат:
Статистическая обработка и выводы:	

Изменение плотности от температуры

Объект _____

Расчетные показатели состава вина (сбска)	Температура t (K или $^{\circ}\text{C}$)						

1. Аналитический метод

1. Сахар, %
2. Спирт, % об.
3. Экстракт, %
и т. д.
Величина плотности,
 кг/м^3 (результат)

2. Расчетный метод

1. Сахар, %
2. Спирт, % об.
3. Экстракт, %
и т. д.
Величина плотности,
 кг/м^3 (результат)
Погрешность расчетных
данных ($\Delta\rho^t$; δ_ρ)

Вычисление коэффициента корреляции плотности от температуры

Показатели	Температура t_i (К или °C)							Расчет	
								показатели	величина
$\bar{t} = \Sigma t_i / n$								$\bar{t}$ (К или °C)	
$t_i - \bar{t}$									
$(t_i - \bar{t})^2$								$\Sigma (t_i - \bar{t})^2$	

1. Аналитический метод

ρ_i^t , кг/м³									
$(\rho_i^t - \bar{\rho})$, кг/м³								$\bar{\rho} = \Sigma \rho_i^t / n$	
$(\rho_i^t - \bar{\rho})^2$								$\Sigma (\rho_i^t - \bar{\rho})^2$	
$(\rho_i^t - \bar{\rho})(t_i - \bar{t})$								$\Sigma (\rho_i^t - \bar{\rho})(t_i - \bar{t})$	

$$r_{\text{оп}} = \Sigma (\rho_i^t - \bar{\rho})(t_i - \bar{t}) / \sqrt{\Sigma (\rho_i^t - \bar{\rho})^2 \Sigma (t_i - \bar{t})^2}$$

2. Расчетный метод (аналогично п. 1) и т. д.

Выводы

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. 1 — определение плотности ρ^t , d_{20}^t , d_4^t и d_4^t одного и того же образца сока (вина) пикнометрическим и денситометрическим методами при температуре стандартных условий (293 К $\approx$ 20°С) и при другой, имеющей практическое значение; 2 — вычисление величины плотности ρ^t , d_{20}^t , d_4^t и d_4^t того же образца сока (вина) для тех же температур (293 К $\approx$ 20°С и t) по расчетным формулам, отражающим зависимость плотности от состава; 3 — вычисление средней величины температурной поправки к ρ и d сока (вина) на 1 градус в интервале температур 293 К (20°С) и t для каждого аналитического и расчетного метода определения плотности; 4 — сопоставление аналитических и расчетных методов определения плотности сока (вина) по точности и достоверности результатов ρ и d при заданной температуре t и выбор рабочего метода для решения практической задачи, которая указывается в задании.

Дополнительные задания. 1 — определение ρ или d сока (вина) при различных температурах (7—10 точек) аналитическим или расчетным путем и построение графика зависимости ρ (d) от t (К, °С). Нахождение математического вида этой зависимости для

аналитического способа с применением вычислительной техники; 2 — определение ρ или d сока (вина) в зависимости от концентрации в продукте спирта, экстракта или какого-то вводимого компонента, например оклеивающего материала. Построение изотермы плотности от состава, вывод ее математического вида с применением вычислительной техники; 3 — определение температурных поправок $\Delta\rho/\Delta t$ или $\Delta d/\Delta t$ для сока (вина) заданного состава (типа) в диапазоне технологических температур одним из методов (аналитическим или расчетным). Построение графика зависимости $\Delta\rho/\Delta t$ или $\Delta d/\Delta t$ от t , установление ее математического вида и оценка существенности зависимости признака от значения t ; 4 — построение графиков зависимости $\rho(d)$ от t или $\Delta\rho/\Delta t$ ($\Delta d/\Delta t$) от t для пикнометрического и расчетного методов и проведение сопоставительного анализа существенности зависимости по коэффициенту корреляции (корреляционному отношению); 5 — вычисление или определение экспериментальным путем для различных температур относительной погрешности величины плотности, построение графика зависимости δ_ρ или δ_d от t и определение значений t , при которых получены наиболее вероятные и наиболее точные результаты.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое абсолютная и относительная плотность соков и вин и каково практическое значение ее определения?
2. Какие аналитические и расчетные методы определения плотности соков и вин наиболее широко используются в практике? Дайте сопоставительную оценку различных методов по сложности определения и точности результатов.
3. Как определяется плотность соков и вин с помощью пикнометра? Перечислите преимущества и недостатки пикнометрического метода определения плотности соков и вин.
4. Как определяется плотность соков и вин с помощью денсиметра? Перечислите преимущества и недостатки этого метода.
5. Какие сведения о составе сока или вина необходимы и достаточны для определения их плотности с помощью расчетных формул? В чем преимущества и недостатки расчетного метода определения плотности соков и вин?
6. Какие факторы влияют на величину плотности сока или вина? Как проводится пересчет плотности сока или вина от одной температуры к другой?

ВЯЗКОСТЬ

Результат действия внешней силы на жидкости или газы зависит от величины их вязкости. Под вязкостью понимают сопротивление сдвигу одних слоев вещества относительно других в направлении, перпендикулярном к направлению движения вещества. Различают вязкость динамическую (μ) и кинематическую (ν).

Динамическая вязкость (коэффициент вязкости μ характеризует величину силы внутреннего трения среды, которую необходимо преодолеть для перемещения единицы поверхности одного ее слоя относительно другого при градиенте скорости смещения, равном единице: $\mu = F : [(\Delta v / \Delta l) S]$, где F — сила внутреннего трения, которую необходимо преодолеть, Н; $\Delta v / \Delta l$ — градиент ско-

рости сдвига слоев относительно друг друга, с^{-1} ; S — площадь поверхности слоя, м^2 .

За единицу динамической вязкости принята вязкость такой среды, у которой один слой при действии силы 1 Н/м^2 перемещается со скоростью 1 м/с относительно другого слоя, находящегося на удалении 1 м . Измеряется μ в $\text{Н} \cdot \text{с/м}^2$ или в $\text{Па} \cdot \text{с}$. В технических расчетах пользуются единицей системы СГС, называемой пуазом (П), или в 100 раз меньшей величиной — сантипуазом (сП): $1 \text{ П} = 100 \text{ сП} = 0,1 \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2 = 0,1 \text{ Па} \cdot \text{с} = 100 \text{ мПа} \cdot \text{с}$.

Кинематической вязкостью (ν) называется величина, равная отношению динамической вязкости к плотности среды при одинаковых условиях: $\nu = \mu/\rho$, где ρ — плотность среды.

За единицу кинематической вязкости принята вязкость такой среды, величина μ которой $1 \text{ Па} \cdot \text{с}$, а плотность 1 кг/м^3 . Эта единица имеет размерность $\text{м}^2/\text{с}$. Во внесистемных обозначениях, применяемых в технических расчетах, за единицу кинематической вязкости принят 1 стокс (Ст) или в 100 раз меньшая величина — сантистокс (сСт): $1 \text{ Ст} = 100 \text{ сСт} = 1 \text{ см}^2/\text{с} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с} = 10^2 \text{ мкм}^2/\text{с}$.

Отношение величины динамической или кинематической вязкости вещества к величине вязкости «стандартного вещества» называют относительной вязкостью (η). Для жидких сред стандартным веществом является вода при температуре $293,16 \text{ К}$ (20°С) и нормальном атмосферном давлении ($0,1 \text{ МПа} \approx 1013 \text{ гПа}$). Вязкость воды в стандартных условиях практически равна соответственно 1 сПз и 1 сСт , поэтому η является величиной, показывающей, во сколько раз вязкость вещества в данных условиях больше или меньше вязкости воды в стандартных условиях.

В виноградных винах структурообразующие факторы отсутствуют или проявлены слабо, в связи с чем аномалии вязкости, как правило, не наблюдается. Поэтому, когда говорят о вязкости вин, то имеют в виду истинную, или так называемую ньютоновскую, вязкость, которая обусловлена силами межмолекулярного действия. Ее величина зависит от химического строения, пространственного расположения и уровня энергетического состояния молекул.

Вязкость вин, различных по содержанию спирта и качественно-количественному составу экстракта, точно может быть определена только опытным путем.

Вязкость — важный физико-химический показатель материалов и продуктов виноделия. Она влияет на проведение гидродинамических (перемешивание, фильтрование, перемещение по продуктопроводам и др.), теплофизических (охлаждение, нагревание и др.), массообменных (экстрагирование, растворение, выпаривание и др.), седиментационных и других процессов винодельческого производства. Измерение вязкости продуктов виноделия имеет значение для некоторых технологических и аппаратурных расчетов, контроля и характеристики качества продукции, в физико-химических методах исследования.

Для измерения вязкости жидких продуктов виноделия используют приборы, основанные на измерении скорости или времени истечения жидкости из капиллярных трубок (капиллярные вискозиметры), на определении скорости падения твердого шарика в жидкость (вискозиметр Гепплера) или на определении удельного сопротивления вращению погруженного в жидкость цилиндра (ротационные вискозиметры). Наибольшее применение получили капиллярные вискозиметры, обеспечивающие достаточную точность определения вязкости вина и сусла.

Наряду с аналитическими методами вязкость вина может быть вычислена по эмпирическим зависимостям μ от состава и температуры. Расчетные формулы дают достаточно точные для технических целей результаты.

РАБОТА № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ПУТЕМ

Принадлежности к работе. Капиллярный вискозиметр с диаметром капилляра 0,6—1,0 мм; ультратермостат с внешней системой циркуляции; секундомер с точностью не ниже 0,2 с; резервуар-газгольдер вместимостью 2—3 л с жидкостным манометром (для измерения под избыточным давлением); термометр с ценой деления 0,5 или 1°С; термостатическая стеклянная ванна для вискозиметра; пипетки для отбора проб воды и вина.

Капиллярный вискозиметр (рис. 1) представляет собой U-образный стеклянный сосуд. Левое колено сосуда имеет одно или два шаровидных расширения сверху, нижнее из которых ограничено с обеих сторон капиллярными отверстиями с метками и переходит снизу в капиллярную трубку длиной около 10 см. Правое колено сосуда снабжено одним расширением, но внизу и несколько большего объема. К левому колену подсоединена резиновая трубка с зажимом (краном).

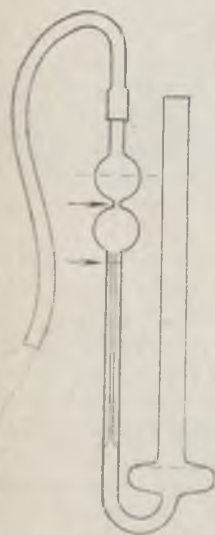


Рис. 1. Капиллярный вискозиметр.

Вискозиметр предварительно тщательно ополаскивают исследуемой жидкостью, вливая ее в отверстие правого колена и затягивая в расширение левого колена выше верхней метки. Для проведения измерений в вискозиметр отмеривают столько жидкости, чтобы она почти полностью заполнила шаровое расширение правого колена, не попав в капилляр (количество жидкости для каждого вискозиметра определяется замером и при всех измерениях не должно меняться). С помощью резиновой трубки жидкость плавно затягивают в расширение левого колена выше верхней метки, при этом часть ее обязательно должна остаться в расширении правого колена, в противном случае объем пробы нужно увеличить.

Вискозиметр погружают в термостатическую ванну ниже верхней метки левого колена, устанавливают в строго вертикальном положении и через 20—30 мин приступают к измерениям. Для этого открывают зажим на резиновой трубке и дают жидкости свободно перетекать по капилляру в правое колено. С помощью секундомера фиксируют продолжительность перемещения уровня жидкости в нижнем расширении левого колена от верхней метки до нижней (на рисунке отмечено стрелками). Замеры повторяют до получения 4—5 близко сходящихся результатов.

Для расчета вязкости берется среднее арифметическое значение результатов всех измерений (после выбраковки явно недостоверных результатов, вызванных случайными причинами).

Измерение вязкости вина капиллярным вискозиметром основано на сопоставлении времени истечения определенного объема вина и воды при одинаковых условиях опыта. Величины динамической и кинематической вязкости рассчитываются соответственно по формулам $\mu_1 = \mu_2 \tau_1 \rho_1 / (\tau_2 \rho_2)$ и $\nu_1 = \nu_2 \tau_1 / \tau_2$, где индекс 1 имеют величины, относящиеся к вину, индекс 2 — к воде; τ_1 и τ_2 — время истечения определенного объема жидкости через капилляр, с.

Величина $1/\tau_2 = K_t$ называется температурной постоянной вискозиметра. Ее устанавливают по времени истечения определенного количества воды через данный капилляр при температуре измерения. Если для заданной температуры величина K_t вискозиметра известна, то определение вязкости вина сводится к измерению времени истечения τ_1 такого же количества вина при этой температуре. Величина вязкости при известной K_t вычисляется по формулам: $\mu_1 = \mu_2 K_t \tau_1 \rho_1 / \rho_2$ и $\nu_1 = \nu_2 K_t \tau_1$.

При температуре опыта, близкой к стандартной, если принять $\mu_2 = 10^{-3}$ Па·с, $\nu_2 = 10^{-6}$ м²/с и $\rho_2 = 1000$ кг/м³, вязкость вина с допустимой погрешностью может быть рассчитана по формулам: $\mu_1 = K_t \tau_1 \rho_1 \cdot 10^{-6}$ Па·с и $\nu_1 = K_t \tau_1 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Характеристики воды для соответствующих температур при нормальном атмосферном давлении берут из табл. 7. Плотность вина при температуре опыта определяют аналитически (пикнометром или ареометром), вычисляют по формуле (4) или принимают по литературным данным (Приложение 2).

Т а б л и ц а 7. Физические константы воды при различной температуре

$t, ^\circ\text{C}$	T, K	$\mu_2^t \cdot 10^3, \text{Па} \cdot \text{с}$	$\nu_2^t \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\rho_2^t, \text{кг}/\text{м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	T, K	$\mu_2^t \cdot 10^3, \text{Па} \cdot \text{с}$	$\nu_2^t \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\rho_2^t, \text{кг}/\text{м}^3$
0	273	1,82	1,79	999,9	60	333	0,48	0,48	983,2
10	283	1,33	1,31	999,7	70	343	0,41	0,42	977,8
20	293	1,02	1,01	998,2	80	353	0,36	0,37	971,8
30	303	0,82	0,81	995,7	90	363	0,32	0,33	965,3
40	313	0,66	0,67	992,2	100	373	0,29	0,30	958,4
50	323	0,56	0,56	988,1					

Пример 7. Виноматериал содержит 16,0% об. спирта и 15,8% экстракта (14,0% сахара). Значения τ_1 для вина и τ_2 для воды определены на вискозиметре Оствальда: при 293 К (20°С) $\tau_1=114,0$ с, $\tau_2=43,8$ с; при 303 К (30°С) $\tau_1=91,4$ с, $\tau_2=39,2$ с. Величины μ_2 , ν_2 и ρ_2 для воды и ρ_1 для вина при указанных температурах найдены в табл. 7 и в табличных данных зависимости плотности вина от состава (Приложение 2).

При 293 К ($\rho_1 = 1040,2$ кг/м³, $\rho_2 = 998,2$ кг/м³, $\mu_2 = 1,02 \cdot 10^{-3}$ Па·с, $\nu_2 = 1,01 \cdot 10^{-6}$ м²/с) $\mu_1 = 1,02 \cdot 10^{-3} \cdot 114,0 \cdot 1040,2 / (43,8 \cdot 998,2) = 2,71 \cdot 10^{-3}$ Па·с; $\nu_1 = 1,01 \cdot 10^{-6} \cdot 114,0 / 43,8 = 2,63$ м²/с; $\tau_1 = 2,71 \cdot 10^{-3} / (1,02 \cdot 10^{-3}) = 2,66$.

При 303 К ($\rho_1 = 1037,2$ кг/м³, $\rho_2 = 995,7$ кг/м³, $\mu_2 = 0,82 \cdot 10^{-3}$ Па·с, $\nu_2 = 0,81 \cdot 10^{-6}$ м²/с) $\mu_1 = 0,82 \cdot 10^{-3} \cdot 91,4 \cdot 1037,2 / (39,2 \cdot 995,7) = 1,99 \cdot 10^{-3}$ Па·с; $\nu_1 = 0,81 \cdot 10^{-6} \cdot 91,4 / 39,2 = 1,89 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $\tau_1 = 1,99 \cdot 10^{-3} / (1,02 \cdot 10^{-3}) = 1,95$.

РАБОТА № 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ РАСЧЕТОМ

Коэффициенты динамической вязкости вина находят по эмпирической зависимости вязкости от температуры. Эта зависимость имеет параболический характер и может быть выражена эмпирической формулой

$$\mu_t = k \cdot 10^{-3} / (1 + yt + zt^2), \quad (5)$$

где μ_t — динамическая вязкость вина при расчетной температуре, Па·с; k , y , z — эмпирические коэффициенты, зависящие от содержания в вине спирта и общего экстракта; t — расчетная температура вина, °С.

Т а б л и ц а 8. Значения коэффициента k в зависимости от состава вина

Содержание общего эк- стракта, г на 100 мл	Содержание спирта, % об.						
	7	10	12	14	16	18	20
2	2,62	3,00	3,30	3,62	4,00	4,39	4,75
4	2,75	3,16	3,47	3,80	4,22	4,62	5,02
6	2,92	3,35	3,68	4,02	4,45	4,90	5,34
8	3,12	3,57	3,90	4,27	4,72	5,21	5,70
10	3,35	3,81	4,17	4,56	5,04	5,55	6,15
12	3,61	4,21	4,49	4,82	5,42	6,00	6,63
14	3,90	4,43	4,84	5,32	5,87	6,49	7,20
16	4,24	4,80	5,25	5,75	6,38	7,06	7,83
18	4,60	5,24	5,72	6,30	6,95	7,72	8,60
20	5,02	5,72	6,25	6,88	7,62	8,49	9,45

Содержание спирта (в % об.) и общего экстракта (в г на 100 мл) в вине определяют опытным путем общепринятыми методами по плотности или коэффициенту рефракции отгона и остатка вина после перегонки.

Значения коэффициентов k , y , z для данного вина находят в табл. 8, 9, 10 путем интерполирования. Величину вязкости вычисляют с точностью до второго десятичного знака.

Пример 8. Рассчитать вязкость виноматериала при температуре 293 и 303 К (20 и 30°С). Виноматериал содержит 16,0% об. спирта и 15,8% экстракта (14,0% сахара), его плотность $\rho_{20}=1040,2$ кг/м³, а $\rho_{30}=1037,2$ кг/м³. Вязкость воды $\mu_{20}=1,02 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Таблица 9. Значения коэффициента $\gamma \cdot 10^2$ в зависимости от состава вина

Содержание общего эк- стракта, г на 100 мл	Содержание спирта, % об.						
	7	10	12	14	16	18	20
2	4,00	4,08	4,16	4,22	4,29	4,36	4,44
4	4,06	4,14	4,21	4,27	4,34	4,40	4,48
6	4,12	4,20	4,26	4,32	4,38	4,44	4,52
8	4,18	4,26	4,31	4,37	4,43	4,49	4,56
10	4,24	4,31	4,37	4,42	4,48	4,53	4,60
12	4,30	4,37	4,42	4,47	4,52	4,58	4,64
14	4,36	4,43	4,47	4,52	4,57	4,63	4,68
16	4,42	4,49	4,53	4,57	4,62	4,67	4,72
18	4,48	4,54	4,58	4,62	4,66	4,71	4,76
20	4,54	4,60	4,63	4,67	4,71	4,75	4,79

Таблица 10. Значения коэффициента $z \cdot 10^4$ в зависимости от состава вина

Содержание общего эк- стракта, г на 100 мл	Содержание спирта, % об.						
	7	10	12	14	16	18	20
2	3,45	4,45	5,05	5,78	6,65	7,07	9,20
4	3,51	4,55	5,20	5,95	6,85	7,93	9,44
6	3,60	4,70	5,36	6,15	7,07	8,18	9,70
8	3,72	4,85	5,54	6,38	7,30	8,44	9,98
10	3,86	5,02	5,76	6,63	7,55	8,72	10,30
12	4,02	5,23	6,00	6,90	7,87	9,05	10,65
14	4,20	5,45	6,28	7,20	8,25	9,45	11,10
16	4,39	5,70	6,60	7,55	8,48	9,90	11,60
18	4,59	6,00	6,95	7,97	9,15	10,50	12,20
20	4,80	6,30	7,35	8,45	9,70	11,15	13,00

$$\mu_{20} = 6,34 \cdot 10^{-3} / (1 + 0,0462 \cdot 20 + 0,000846 \cdot 20^2) = 2,80 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с} = 2,80 \text{ сП}; \quad \mu_{30} =$$

$$= 6,34 \cdot 10^{-3} / (1 + 0,0462 \cdot 30 + 0,000846 \cdot 30^2) = 2,01 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с} = 2,01 \text{ сП};$$

$$\nu_{20} = 2,80 \cdot 10^{-3} / 1040,2 = 2,69 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с} = 2,69 \text{ сСт}; \quad \nu_{30} = 2,01 \cdot 10^{-3} / 1037,2 = 1,94 \times$$

$$\times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с} = 1,94 \text{ сСт}; \quad \eta_{20} = 2,80 \cdot 10^{-3} / (1,02 \cdot 10^{-3}) = 2,75; \quad \eta_{30} = 2,01 \cdot 10^{-3} / (1,02 \times$$

$$\times 10^{-3}) = 1,97.$$

Существуют и другие расчетные формулы определения вязкости вина по эмпирическим зависимостям ее от химического состава и температуры. Лучшие результаты дают формулы для водно-спиртово-сахарных растворов, но они не имеют преимуществ перед формулой (5).

РАБОТА № 6. СОПОСТАВИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА И ВЫБОР МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЯЗКОСТИ

Погрешность результатов определения вязкости вина устанавливают сопоставлением с экспериментальными данными для одинаковых условий задания. Абсолютную погрешность вычисляют по разности значений μ_t , ν_t или η_t , полученных опытным и расчетным методами. Например, $\Delta\mu_t = \mu_t \text{ рас} - \mu_t \text{ оп}$, где $\mu_t \text{ рас}$ — величина ди-

намической вязкости, полученная расчетным путем; $\mu_{t \text{ оп}}$ — экспериментально полученная величина вязкости.

Относительную погрешность $\delta_{\text{рас}}$ (в %) величины $\mu_{t \text{ рас}}$ определяют по формуле $\delta_{\mu \text{ рас}}^t = (\Delta \mu_t / \mu_{t \text{ оп}}) \cdot 100$. При $\delta_{\text{рас}} > 5\%$ результаты считают не отвечающими точности проводимых с участием μ_t , ν_t или η_t технических расчетов.

Пример 9. Динамическая вязкость виноматериала, содержащего 16,0% об. спирта и 15,8% экстрактивных веществ, составила: $\mu_{20 \text{ рас}} = 2,80 \cdot 10^{-3}$ Па·с; $\mu_{30 \text{ рас}} = 2,01 \cdot 10^{-3}$ Па·с; $\mu_{20 \text{ оп}} = 2,71 \cdot 10^{-3}$ Па·с; $\mu_{30 \text{ оп}} = 1,99 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Абсолютная погрешность результатов расчетного метода: $\Delta \mu_{20} = (2,80 - 2,71) \cdot 10^{-3} = 0,09 \cdot 10^{-3}$ Па·с; $\Delta \mu_{30} = (2,01 - 1,99) \cdot 10^{-3} = 0,02 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Относительная ошибка расчетного метода: $\delta_{\mu \text{ рас}}^{20} = [0,09 \cdot 10^{-3} / (2,71 \cdot 10^{-3})] \times 100 = 3,3\%$; $\delta_{\mu \text{ рас}}^{30} = [0,02 \cdot 10^{-3} / (1,99 \cdot 10^{-3})] \cdot 100 = 1,0\%$.

Следовательно, принятый расчетный метод дает для данного вина достаточно точные результаты, причем их достоверность при повышении температуры от 20 до 30°С (от 293 до 303 К) повышается.

Отчет

Отчет о проделанных работах должен содержать задание и программу работы, краткое изложение поставленной цели и метода ее достижения с приведением расчетных формул. Результаты измерений и вычислений фиксируют в таблицах. Зависимость вязкости от температуры, состава и других факторов изображается графиками и выражается алгебраически. Результаты статистической обработки данных и выводы отражаются в конце отчета.

Исходные данные рекомендуется записывать в следующей таблице:

№ измерения	Вода			$K(t)$, с ⁻¹	Объект					
	$K(t)$	τ_t , с	$\tau_{\text{ср}}$, с		K_t	τ_t , с	$\tau_{\text{ср}}$, с	μ_t , Па·с	ν_t , м ² /с	η_t

1

2

и т. д.

При выполнении дополнительных заданий форма записи результатов дается преподавателем.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. 1 — определение для данного вискозиметра K_t при заданной преподавателем и стандартной температурах; 2 — определение μ_t , ν_t , η_t образца вина неизвестного состава при той же температуре с помощью капиллярного вискозиметра; 3 — вычисление μ_t , ν_t , η_t по эмпирическим формулам; 4 — сопоставление результатов аналитического и расчетного методов определения вязкости вина для заданной температуры и заключение о точности расчетного метода.

Дополнительные задания. 1 — определение μ_t , ν_t или η_t вина для различных температур с помощью капиллярного вискозиметра и вычислением по формуле (5). Построение графиков $\mu_t = f(t)$. Определение точности расчетного метода для различных температур построением графика $\delta = f(t)$ и заключение о границах применимости расчетных формул. Исследование на адекватность полученных расчетом зависимостей $\mu_t = f(t)$ и их регрессионный анализ; 2 — определение для 6—7 значений температуры в интервале от 273 К (0°С) до 353—363 К (80—90°С) опытным и расчетным методами значений μ_t , ν_t или η_t вин с различным содержанием спирта и экстракта. Построение семейства графиков зависимости вязкости от температуры и состава. Вычисление погрешности расчетного метода в зависимости от температуры и определение границ температурного фактора с требуемой точностью результатов; 3 — определение опытом и расчетом μ_t , ν_t или η_t модельных растворов спирта и сахара (экстракта) в зависимости от концентрации веществ, типа растворителя и температуры. Оценка точности результатов расчетного метода. Построение графиков зависимости вязкости от концентрации компонентов и температуры, представление зависимостей в математическом виде и оценка существенности связи по коэффициентам корреляции.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под вязкостью и в каких единицах она измеряется?
2. Для каких технологических целей определяют вязкость вина и какие существуют лабораторные методы ее определения?
3. На чем основаны расчетные методы определения вязкости вин?
4. Как зависит вязкость вина от его состава и температуры?
5. Как согласуются величины динамической вязкости вина, вычисленные по формуле (5), с опытными данными?

ОБЪЕМНОЕ РАСШИРЕНИЕ

В винодельческой практике количество сока (сусла) и вина (виноматериала) принято учитывать по объему при температуре продукта 20°С (293,16 К). Фактический объем, измеренный при других температурах, приводится к объему при 293,16 К пересчетом по частному уравнению зависимости объема вещества от температуры: $V_{20} = V_t [1 + \alpha (20 - t)] = V_t k_{20}^t$, где V_{20} и V_t — объемы продукта, соответствующие температурам 293,16 К (20°С) и t (°С); α — коэффициент объемного расширения продукта, 1/град; k_{20}^t — коэффициент, зависящий от α и t .

Величина α соков и вин не может быть приравнена к α воды, так как экстракт, и особенно этиловый спирт, имеет значительно больший α , чем вода. Водно-спиртовые растворы, содержащие меньше 15% об. спирта, обладают аномалией объемного расширения: при комнатной температуре и ниже ее их α больше α воды, а при температурах выше 30°С он меньше, в то время как более концентрированные растворы спирта при всех практически воз-

Пример 10. Виноматериал, содержащий 19,0% об. спирта и 8,0% сахара, при температуре 283,16 К (10,0°С) заполнил дилатометр до метки 149,24 мл, при температуре 293,16 К (20,0°С) — до метки 149,79 мл, а при температуре 318,16 К (45,0°С) — до метки 151,48 мл. Рассчитать величину пересчетных температурных коэффициентов k_{20}^{10} и k_{20}^{45} для приведения объемов V_{10} и V_{45} к V_{20} .

$$k_{20}^{10} = V_{20}/V_{10} = 149,79/149,24 = 1,00369 \approx 1,0037;$$

$$k_{20}^{45} = V_{20}/V_{45} = 149,79/151,48 = 0,98884 \approx 0,9888.$$

РАБОТА № 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ РАСЧЕТОМ

В основу расчетного метода положена зависимость изменения объема сока и вина от температуры и состава, которая в математическом виде выражается уравнением с эмпирическими коэффициентами, зависящими от содержания в продукте спирта и общего экстракта (или сахара).

Объем сока или вина при заданной температуре t с достаточной для технологических целей точностью может быть вычислен по следующей эмпирической формуле:

$$V_t = V_0 (1 + bt + ct^2), \quad (6)$$

где V_0 , V_t — объемы продукта, соответствующие температуре 0 и t °С, мл; b , c — эмпирические коэффициенты, зависящие от содержания в продукте спирта, общего экстракта или сахара.

Объем V_0 вычисляют по данным об объеме V_t продукта, измеренном при фактической температуре t (в °С), пользуясь формулой $V_0 = V_t / (1 + bt + ct^2)$.

Объем V_i продукта при заданной температуре $t_i = t'$, t'' и т. д. вычисляют по величине V_0 или по известному объему V_t при фактической температуре t (в °С) продукта, решая соответствующее равенство: $V_i = V_0 (1 + bt_i + ct_i^2) = V_t (1 + bt_i + ct_i^2) / (1 + bt + ct^2)$.

Значения коэффициентов b и c берут из табл. 11 и 12. Промежуточные их значения определяют линейным интерполированием.

Величину V_t принимают равной объему продукта в дилатометре (с точностью до 0,01 мл) при установившейся температуре t , соответствующей одному из заданных значений температуры в опыте.

Таблица 11. Значения коэффициентов b и c
для сухих вин

Содержание экстракта, г на 100 мл	Содержание спирта, % об.					
	8		10		12	
	$b \cdot 10^5$	$c \cdot 10^7$	$b \cdot 10^5$	$c \cdot 10^7$	$b \cdot 10^5$	$c \cdot 10^7$
1	2	55	4,5	50	5	50
2	3	50	5	45	6	45
3	4	60	6	40	8	40

Т а б л и ц а 12. Значения коэффициентов b и c для крепленых вин

Содержание экстракта, г на 100 мл	Содержание спирта, % об.					
	15		18		20	
	$b \cdot 10^5$	$c \cdot 10^7$	$b \cdot 10^5$	$c \cdot 10^7$	$b \cdot 10^5$	$c \cdot 10^7$
5	17	40	21	37	25	35
10	20	35	24	32	28	30
15	24	30	27	27	31	25
20	27	25	31	22	34	20

Значения коэффициента k_{20}^t при температуре t_i (в °C) рассчитывают по следующей формуле: $k_{20}^t = V_{20}/V_i = [V_t (1 + 20b + 400c) / (1 + bt + ct^2)] / [V_t (1 + bt_i + ct_i^2) / (1 + bt + ct^2)] = (1 + 20b + 400c) (1 + bt_i + ct_i^2)$. Вычисления делают до пятого знака после запятой с последующим округлением результата до четвертого знака после запятой.

Пример 11. Виноматериал, содержащий 19,0% об. спирта и 8,0% сахара, при температуре 283,16 К (10,0°С) занимает объем V_{10} , равный 149,24 мл (по показаниям дилатометра в опыте). Вычислить величину коэффициентов k_{20}^{10} и k_{20}^{45} для приведения объемов V_{10} и V_{45} к объему V_{20} и определить расчетом через k_{20}^t объемы V_{20} и V_{45} , соответствующие температурам 293,16 К (20,0°С) и 318,16 К (45,0°С).

$b = 26 \cdot 10^{-5}$ (из табл. 12); $c = 31 \cdot 10^{-7}$ (из табл. 12);

$$k_{20}^{10} = (1 + 26 \cdot 10^{-5} \cdot 20 + 31 \cdot 10^{-7} \cdot 20^2) / (1 + 26 \cdot 10^{-5} \cdot 10 + 31 \cdot 10^{-7} \cdot 10^2) = 1,00352 \approx 1,0035; k_{20}^{45} = (1 + 26 \cdot 10^{-5} \cdot 20 + 31 \cdot 10^{-7} \cdot 20^2) / (1 + 26 \cdot 10^{-5} \cdot 45 + 31 \cdot 10^{-7} \cdot 45^2) = 0,98867 \approx 0,9887;$$

$$V_{20} = V_{10} k_{20}^{10} = 149,24 \cdot 1,00352 = 149,765 \approx 149,77 \text{ мл};$$

$$V_{45} = V_{20} / k_{20}^{45} = 149,765 / 0,98867 = 151,481 \approx 151,48 \text{ мл}.$$

РАБОТА № 9. СОПОСТАВИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА И ВЫБОР МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ

После расчета величины температурного коэффициента объемного расширения k_{20}^t рас по эмпирической формуле для заданной температуры t находят его расхождение (абсолютную Δk_{20}^t рас/оп погрешность) с результатом k_{20}^t оп аналитического метода, который считают достоверным: Δk_{20}^t рас/оп = k_{20}^t рас — k_{20}^t оп.

Затем рассчитывают погрешность аналитического метода как сумму погрешностей при измерении объема и за счет объемного расширения дилатометра: Δk_{20}^t оп = $\sum \Delta V/V_t = [\Delta V_{20} + \Delta V_t + \alpha_0(t - 20)] V_{20}/V_t$; $\delta_{\text{оп}}^t = (\Delta k_{20}^t \text{ оп} / k_{20}^t \text{ оп}) \times 100$ (в %).

Значения ΔV_{20} и ΔV_t принимают равными $1/3 \div 1/2$ одного деления шкалы дилатометра, а α_0 (коэффициент объемного расширения материала дилатометра) — по справочным данным (α_0 стекла равен $2,55 \cdot 10^{-5}$ 1/град).

Существенность расхождения между $k_{20 \text{ рас}}^t$ и $k_{20 \text{ оп}}^t$ оценивают величиной критерия Стьюдента t_n или сопоставлением $\Delta k_{20 \text{ рас/оп}}^t$ с величиной наименьшей средней разности $\gamma_{\text{оп}}^t$ (НСР).

Критерий Стьюдента $t_n = \Delta k_{20 \text{ рас/оп}}^t / \Delta k_{20 \text{ оп}}^t$ сравнивают с табличным значением. При $t_n \text{ факт} \leq t_n \text{ табл}$ результат расчетного метода считают удовлетворительным, а при $t_n \text{ факт} \geq t_n \text{ табл}$ — неудовлетворительным. (Для 5%-ного уровня значимости в опыте с тремя повторностями $t_{0,05 \text{ табл}} = 4,3$; в опыте с двумя повторностями и без повторностей — 12,7).

Величину НСР рассчитывают по формуле $\gamma_{\text{оп}}^t = t_n \text{ табл} \Delta k_{20 \text{ оп}}^t$. При $\gamma_{\text{оп}}^t > \Delta k_{20 \text{ рас/оп}}^t$ результат расчетного метода принимают за достоверный, а при $\gamma_{\text{оп}}^t \leq \Delta k_{20 \text{ рас/оп}}^t$ его считают неудовлетворительным.

Точность результатов расчетного метода относительно аналитических данных вычисляют по формуле $\delta_{\text{рас/оп}}^t = (\Delta k_{20 \text{ рас/оп}}^t / k_{20 \text{ оп}}^t) \times 100$ (в %). Значения $k_{20 \text{ рас}}^t$ считают достаточно точными при $\delta_{\text{рас/оп}}^t$ менее 2% и удовлетворительными — при $\delta_{\text{рас/оп}}^t = 2 \div 5$ %.

Ошибка расчетного метода определения поправочных температурных коэффициентов k_{20}^t представляет собой сумму возможных ошибок при нахождении значений эмпирических коэффициентов b и c .

Для определения относительной погрешности (точности) расчетного метода может быть рекомендована формула $\delta_{\text{рас}}^t = (\Delta k_{20 \text{ рас}}^t / k_{20 \text{ рас}}^t) \cdot 100$ (в %), где $\Delta k_{20 \text{ рас}}^t = (20 \Delta b + 400 \Delta c) (1 + bt + ct^2)$.

Значения b и c зависят от содержания в продукте спирта и общего экстракта, поэтому их отклонения вычисляют по погрешностям, которые возникают при эмпирическом определении величин этих показателей, или по допустимым отклонениям, установленным в официальном порядке.

Метод считается достаточно точным при $\delta_{\text{рас}}^t \leq 2$ %.

Отчет

Отчет о проделанных работах включает задание, краткое изложение теории вопроса в соответствии с заданием, целевое назначение работы и краткое изложение методики ее проведения с записью применяемых расчетных формул.

Данные первичных измерений фиксируются в протоколе испытания, а результаты их обработки отражаются в виде таблиц, графиков и т. п. Основные вычисления и материалы статистической обработки результатов работы записываются в протоколе по ходу составления отчета.

Рекомендуется следующая форма записи и обработки первичных данных выполняемой работы по программе обязательного задания:

Протокол испытания № _____

Продукт _____

Состав продукта: сахар _____ %; спирт _____ % об.;
экстракт общий _____ %.

Температура продукта: фактическая t' _____ К (_____ °С)
расчетная t'' _____ К (_____ °С)

Дилатометрический метод	Расчетный метод
$V'_{оп} =$ $V''_{оп} =$ $V^{20}_{оп} =$ $k'_{20\text{ оп}} =$ $k''_{20\text{ оп}} =$	$V'_{рас} = V^{20}_{рас} =$ $V''_{рас} = V^0_{рас} =$ $b = c =$ $k'_{20\text{ рас}} =$ $k''_{20\text{ рас}} =$
$\Delta k'_{20\text{ оп}} =$ $\Delta k''_{20\text{ оп}} =$ $\vartheta'_{оп} = \gamma'_{оп} =$ $\vartheta''_{оп} = \gamma''_{оп} =$	$\Delta k'_{20\text{ рас}} =$ $\Delta k''_{20\text{ рас}} =$ $\vartheta'_{рас} = t'_{0,05\text{ табл}} =$ $\vartheta''_{рас} = t''_{0,05\text{ табл}} =$
$\Delta k'_{20\text{ рас/оп}} =$ $\Delta k''_{20\text{ рас/оп}} =$	$\vartheta'_{рас/оп} =$ $\vartheta''_{рас/оп} =$
$t'_{0,05\text{ факт}} =$	$t'_{0,05\text{ факт}} =$

Выводы:

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. 1 — определение температурных коэффициентов объемного расширения сока или вина известного состава для двух значений температуры ($t' > 20^\circ\text{C}$ и $t'' < 20^\circ\text{C}$) дилатометрическим и расчетным методами (t' и t'' указываются преподавателем); 2 — оценка точности дилатометрического и расчетного методов определения температурных коэффициентов объемного

расширения сока или вина в соответствии с условиями задания 1; 3 — оценка точности результатов расчетного метода определения температурных коэффициентов объемного расширения сока или вина при t' и t'' (в °C) относительно аналитических данных, полученных студентом в ходе выполнения задания; 4 — вычисление объема V'' вина или сока известного состава по эмпирической формуле (6) при изменении температуры продукта от t' до t'' (в °C) и расчет температурного коэффициента объемного расширения продукта k_{20}^* (V' , t' и t'' указываются преподавателем).

Дополнительные задания. 1 — построение графиков $k_{20}^* = f(t)$ для 7—10 значений t для вина или сока известного состава и представление зависимости $k_{20}^* = f(t)$ в математическом виде (для дилатометрического и расчетного методов и температур, указанных преподавателем); 2 — построение графиков зависимости k_{20}^* сока или вина от содержания в продукте спирта или общего экстракта и нахождение математического вида зависимости (температура и компонент как функция состава указываются преподавателем); 3 — построение графиков зависимости погрешности $\delta_{\text{рас/оп}}^*$ данных расчетного метода от температуры или состава сока или вина (по 7—10 точкам) и определение граничных значений фактора, при которых расчетный метод имеет высокую точность ($\delta_{\text{рас/оп}}^*$ вычисляются относительно данных дилатометрирования).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается физическая сущность температурного коэффициента объемного расширения виноградного сока или вина? Каково практическое значение температурного коэффициента объемного изменения продуктов винодельческого производства?

2. Влияют ли на величину температурного коэффициента состав и температура продукта? Зависит ли величина температурного коэффициента объемного расширения вина от концентрации спирта и экстракта?

3. В чем сущность дилатометрического метода определения температурных коэффициентов объемного расширения сока или вина?

4. Как вычисляется объем сока или вина при 20°С, когда продукт имеет температуру $t \neq 20^\circ\text{C}$?

5. В чем сущность расчетного метода определения температурных коэффициентов объемного изменения сока и вина?

6. В чем заключается принцип построения и как пользуются существующими в практике таблицами температурных коэффициентов объемного расширения виноградного сока и вина?

ТЕМПЕРАТУРА ЗАМЕРЗАНИЯ

Обработка виноматериалов и вин низкими температурами (обработка холодом) широко применяется в винодельческой промышленности для повышения качества продуктов. Обработанные холодом вина приобретают большую устойчивость к кристаллическим помутнениям, их вкус и аромат улучшаются. Находит применение вымораживание воды как способ повышения экстрактивности продуктов виноделия.

Температурный режим обработки вина холодом считается оптимальным, когда оно охлаждается до состояния, близкого к замерзанию. Доказано, что охлаждение до температуры на $1,0—1,5^{\circ}\text{C}$ выше точки замерзания вызывает достаточно полное и быстрое осаждение избытка виннокислотных соединений, белковых, пектиновых и фенольных веществ, обуславливающих в большинстве случаев помутнения вин при хранении. Охлаждение до состояния замерзания недопустимо, так как оно вызывает появление неприятных тонов во вкусе и букете и частично снижает интенсивность и качество окраски. Поэтому температура замерзания вина является важной физической характеристикой, имеющей значение как при выборе оптимального температурного режима обработки его холодом, так и в тепловых расчетах технологического оборудования.

Температура замерзания или плавления вина ($t_3 \approx t_{\text{пл}}$) зависит в основном от концентрации в нем спирта. Влияние сахара на t_3 вина становится заметным только при содержании его в большом количестве. Экстракт сильнее сахара влияет на t_3 , но почти в два раза слабее, чем спирт. Различия вин по составу приведенного экстракта существенно не изменяют их t_3 . Таким образом, величины t_3 различных вин неодинаковы и находятся в зависимости от их состава.

Точка замерзания вина характеризуется одновременным существованием жидкой, кристаллической и паровой фаз, причем в первую очередь из вина выкристаллизовывается вода. По мере накопления кристаллов воды (льда) концентрация спирта и экстракта в жидкой фазе повышается, в связи с чем температура понижается и достигает значения, при котором все компоненты вина кристаллизуются одновременно (эвтектическая точка). При оттаивании вина переход его из твердого агрегатного состояния в жидкость проходит в обратной последовательности.

Температурой замерзания вина считается температура, при которой начинается кристаллизация воды.

В целом t_3 вина подчиняется правилу аддитивности, которое обеспечивает достаточно высокую точность значений показателя при рассмотрении вина как системы, состоящей только из спирта, экстракта, сахара и воды.

Определение t_3 вина по t_3 водно-спиртовой его части позволяет получить лишь приближенные результаты, не всегда пригодные для практического применения.

Наиболее точные значения t_3 вина можно получить только экспериментально — путем прямого измерения температуры в момент замораживания вина или его оттаивания. Наряду с аналитическими способами t_3 вин можно рассчитать по эмпирическим формулам, при этом точность получаемых результатов может быть достаточно высокой, особенно при пользовании формулами, представляющими математический вид аддитивной зависимости показателя от состава вина и концентрации в нем отдельных компонентов.

РАБОТА № 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАМЕРЗАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ПУТЕМ

Принадлежности к работе. Криоскопическая ячейка из стекла или прозрачного полимерного материала на 30—50 мл; криоскопическая холодильная камера на 0,5—1,0 л с рубашкой или изоляцией; термометр спиртовой или ртутный либо термопара (терморезистор) с записывающим или показывающим потенциометром, измеряющие температуру в пределах $-10 \div 0^\circ \text{C}$ с точностью $\pm 0,2^\circ \text{C}$; термометр стеклянный спиртовой или ртутный, измеряющий температуру в пределах $-20 \div +10^\circ \text{C}$ с точностью $1 \div 2^\circ \text{C}$; источник холода с температурой охлаждения до $-15 \div -10^\circ \text{C}$ (холодильник, сухой лед, охлаждающие льдосоляные смеси и т. п.); магнитная или механическая мешалка; реактивы, приборы и посуда для определения состава вина (при необходимости).

Для проведения криоскопических измерений может быть рекомендован криостат (рис. 3), а для измерения температуры замерзания — термометр Бекмана или термопара с автоматической записью температуры.

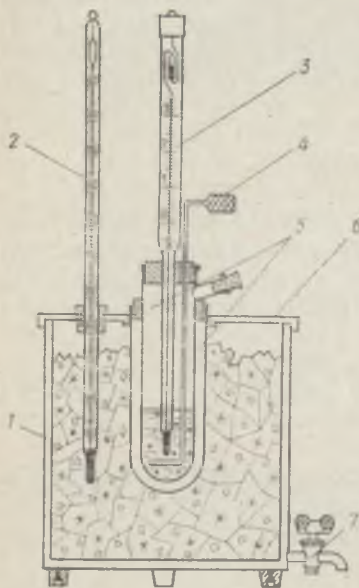


Рис. 3. Криостат.

Криостат состоит из двустенного корпуса 1 с воздушной прослойкой, крышкой 6 и сливным краном 7. Крышка имеет отверстия для криоскопической ячейки 5 и термометра 2. Криоскопическая ячейка для равномерного охлаждения продукта представляет собой двустенный сосуд с вставленным в него термометром или термопарой 3. Пространство между стенками сосуда заполнено воздухом. В качестве мешалки служит стержень 4 с кольцом на конце, перемещаемым этим стержнем вдоль термометра.

Для проведения исследования в ячейку криостата наливают такое количество вина, чтобы чувствительный элемент термометра или термопары находился в середине слоя. Криостат заполняют почти полностью охлаждающей смесью и погружают в нее ячейку с вином. При постоянном помешивании наблюдают за показаниями термометра или потенциометра. Вначале обычно происходит некоторое переохлаждение вина (на $1,5—2,0^\circ \text{C}$) по сравнению с истинной температурой замерзания, но затем температура повышается и остается некоторое время постоянной. В последующем наблюдается дальнейшее понижение температуры, перемешивать вино становится затруднительным и, наконец, невозможным, что свидетельствует о полном замерзании вина. Температурой замерзания вина считается наивысшая температура, полученная после переохлаждения.

Наиболее удобными и доступными охлаждающими смесями являются смеси из снега или толченого льда с хлоридом натрия. Ниже приведены криогидратные температуры некоторых смесей льда и хлорида натрия:

Содержание соли, % мас.	8,0	12,0	16,0	20,0	24,0	28,0
Температура смеси, °C	-4,9	-7,5	-10,5	-13,1	-16,2	-19,3

Для проведения повторных измерений пробирку с вином вынимают из ячейки и дают вино полностью оттаять, после чего пробирку вновь устанавливают в ячейку и опыт повторяют. Как правило, опыт проводят в трех повторностях. Результаты, отличающиеся от среднего арифметического всех повторных измерений более чем на $0,5^\circ\text{C}$, бракуют и проводят новый опыт. За окончательный результат принимают среднее арифметическое из сопоставимых значений. Его записывают с абсолютной ошибкой, которую рассчитывают по формуле $\Delta t_3 = \sqrt{\sum (t'_3 - \bar{t}_3)^2 / n}$, где t'_3 — значения температуры замерзания повторных определений, $^\circ\text{C}$, $\bar{t}_3$ — среднее арифметическое значение для повторных определений, $^\circ\text{C}$; n — общее число определений (повторностей) в опыте.

Иногда абсолютную ошибку результата оценивают погрешностью измерения температуры, т. е. точностью показаний шкалы термометра. Относительную ошибку (в %) вычисляют по формуле $\delta_t = (\Delta \bar{t}_3 / \bar{t}_3) \cdot 100$.

Пример 12. Определить температуру замерзания виноматериала на криостате по ртутному термометру с ценой деления шкалы $0,2^\circ\text{C}$, если получены следующие показания: $t'_3 = -8,8^\circ\text{C}$; $t''_3 = -8,6^\circ\text{C}$; $t'''_3 = -8,7^\circ\text{C}$.

$$\bar{t}_3 = [(-8,8) + (-8,6) + (-8,7)]/3 = -8,7^\circ\text{C};$$

$$\Delta \bar{t}_3 = \sqrt{[(-0,1)^2 + (+0,1)^2]/3} = \sqrt{0,2/3} = 0,08 \approx 0,1^\circ\text{C},$$

откуда

$$t_3 = -8,7 \pm 0,1^\circ\text{C}; \delta_t = (0,08/8,7) \cdot 100 = 0,92 \approx 0,9\%.$$

РАБОТА № 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАМЕРЗАНИЯ РАСЧЕТОМ

Вина различного состава имеют разную температуру замерзания. Температура замерзания сухих вин может быть вычислена по эмпирической формуле

$$t_{3 \text{ сух}} = t_3 - ax - 0,00575 x^2, \quad (7)$$

где $t_{3 \text{ сух}}$ — температура замерзания сухого вина, $^\circ\text{C}$; t_3 — температура замерзания раствора вода — экстракт с концентрацией (в г на 100 мл), соответствующей вину, $^\circ\text{C}$; a — коэффициент, зависящий от концентрации экстракта; x — концентрация в вине спирта, % об.; 0,00575 — эмпирический коэффициент.

Значения величин t_3 и a берут из табл. 13 по величине общего экстракта путем линейного интерполирования.

Ошибку результата $\Delta t_{3 \text{ сух}}$ вычисляют по максимальным погрешностям переменных величин, входящих в формулу, которые вызваны неточностью определения содержания в вине спирта и экстракта. Расчет проводят по формуле $\Delta t_{3 \text{ сух}} = \Delta t_3/t_3 + \Delta a/a + 3\Delta x/x$. Относительная погрешность результата $\delta_t = (\Delta t_{3 \text{ сух}}/t_{3 \text{ сух}}) \cdot 100$ (в %).

Таблица 13. Значения t_3 и a для сухих вин

Концентрация экстракта, г на 100 мл	t_3 , °C	a	Концентрация экстракта, г на 100 мл	t_3 , °C	a
1	-0,20	0,320	4	-0,75	0,372
2	-0,40	0,337	5	-0,95	0,390
3	-0,55	0,355	6	-1,20	0,407

Пример 13. Вычислить температуру замерзания виноматериала, содержащего 11,8±0,1% об. спирта и 2,0±0,1% общего экстракта (с учетом остаточной сахаристости ≈0,2%), если $t_3 = -0,40 \pm 0,02^\circ \text{C}$, $a = 0,337 \pm 0,002$.

$t_{3\text{сух}} = -0,40 - 0,337 \cdot 11,8 - 0,00575 \cdot 11,8^2 = -5,17 \approx -5,2^\circ \text{C}$; $\Delta t_{3\text{сух}} = 0,02 \cdot 0,40 + 0,002 \cdot 0,337 + 3 \cdot 0,1/11,8 = 0,07 \approx 0,1^\circ \text{C}$, откуда $t_{3\text{сух}} = -5,2 \pm 0,1^\circ \text{C}$;
 $\delta t = (0,07/5,2) \cdot 100 = 1,346 \approx 1,3\%$.

Температура замерзания крепленых вин рассчитывается по эмпирической формуле, которая учитывает не только содержание в вине спирта и экстракта, но и сахара:

$$t_{3\text{креп}} = t_{3\text{а}} - by - cy^2, \quad (8)$$

где $t_{3\text{креп}}$ — температура замерзания вина, содержащего сахар, °C; $t_{3\text{а}}$ — температура замерзания раствора вода—спирт—приведенный экстракт с концентрацией компонентов, соответствующей их концентрации в вине, °C; y — содержание в вине сахара, г на 100 мл; b , c — эмпирические коэффициенты, зависящие от содержания в вине спирта.

Температуру замерзания растворов вода—спирт—приведенный экстракт при различной концентрации компонентов берут из

Таблица 14. Значения показателя $t_{3\text{а}}$ в зависимости от состава

Содержание спирта, % об.	Температура замерзания раствора вода—спирт—приведенный экстракт (в °C) при содержании экстракта, % (г на 100 мл)					
	1	2	3	4	5	6
7	-2,8	-3,0	-3,3	-3,6	-3,9	-4,2
8	-3,2	-3,4	-3,7	-4,0	-4,4	-4,7
9	-3,6	-3,9	-4,2	-4,5	-4,9	-5,3
10	-4,0	-4,4	-4,7	-5,1	-5,4	-5,8
11	-4,4	-4,8	-5,2	-5,6	-6,0	-6,4
12	-4,9	-5,3	-5,7	-6,2	-6,6	-7,0
13	-5,4	-5,8	-6,3	-6,7	-7,1	-7,5
14	-5,9	-6,3	-6,8	-7,2	-7,7	-8,1
15	-6,4	-6,8	-7,3	-7,7	-8,2	-8,6
16	-6,9	-7,3	-7,8	-8,3	-8,7	-9,2
17	-7,4	-7,9	-8,3	-8,8	-9,3	-9,8
18	-7,9	-8,4	-8,9	-9,3	-9,8	-10,4
19	-8,4	-8,9	-9,4	-9,9	-10,4	-10,9
20	-8,9	-9,4	-9,9	-10,4	-10,9	-11,6

Таблица 15. Значения коэффициентов b и c для крепленых вин

Содержание спирта, % об.	b	c	Содержание спирта, % об.	b	c
11	0,184	0,0020	16	0,266	0,0039
12	0,190	0,0023	17	0,303	0,0044
13	0,200	0,0027	18	0,350	0,0049
14	0,215	0,0031	19	0,413	0,0054
15	0,234	0,0035	20	0,490	0,0060

табл. 14, а значения коэффициентов b и c — из табл. 15, применяя линейное интерполирование.

Содержание в вине приведенного экстракта и сахара определяют по методикам, принятым в виноделии.

Вычисление $t_{з \text{ креп}}$ ведут до второго знака после запятой с последующим округлением до десятых. Окончательно результат записывают с его абсолютной ошибкой $\Delta t_{з \text{ креп}}$, вычисленной с такой же точностью.

Ошибку вычисляют по максимальным погрешностям переменных величин. Их подставляют в выражение, полученное логарифмическим дифференцированием расчетного уравнения: $\Delta t_{з \text{ креп}} = \Delta t_{аэ}/t_{аэ} + \Delta b/b + \Delta c/c + 3\Delta y/y$. Относительную погрешность находят по формуле $\delta_t = (\Delta t_{з \text{ креп}}/t_{з \text{ креп}}) \cdot 100$ (в %).

Пример 14. Рассчитать температуру замерзания виноматериала, содержащего $17,9 \pm 0,2\%$ об. спирта, $8,6 \pm 0,2\%$ сахара и $1,7 \pm 0,3\%$ приведенного экстракта, если $b = 0,345 \pm 0,010$; $c = 0,00485 \pm 0,00010$; $t_{аэ} = -8,2 \pm (0,15 + 0,15) = -8,2 \pm 0,3^\circ \text{C}$.

$t_{з \text{ креп}} = -8,2 - 0,345 \cdot 8,6 - 0,00485 \cdot 8,6^2 = -11,53 \approx -11,5^\circ \text{C}$; $\Delta t_{з \text{ креп}} = |0,3/-8,2| + |0,010/0,345| + |0,00010/0,00485| + |3 \cdot 0,2/8,6| = |0,156| \approx 0,2^\circ \text{C}$, откуда $t_{з \text{ креп}} = -11,5 \pm 0,2^\circ \text{C}$; $\delta_t = (0,156/-11,5) \cdot 100 = |1,356| \approx 1,4\%$.

Вычисление температуры замерзания как сухих, так и сахаросодержащих вин может быть проведено по следующей формуле:

$$t_3 = t_a - 0,34c - 0,1k, \quad (9)$$

где t_a — температура замерзания водно-спиртового раствора с концентрацией спирта, равной его концентрации в вине, $^\circ \text{C}$; c — концентрация сахара в вине, % (г на 100 мл); k — величина титруемой кислотности вина, г/л.

Концентрацию спирта в вине, сахаристость и титруемую кислотность определяют аналитически по методикам, применяемым в энохимии и технотехническом контроле виноделия.

Величину t_a находят по графику (рис. 4) с ошибкой, соответствующей точности определения концентрации спирта в вине.

Вычисляют t_3 с точностью до третьего знака после запятой с последующим округлением до второго. Окончательный результат записывают с его ошибкой.

Ошибку (абсолютную) рассчитывают по уравнению $\Delta t_3 = \Delta t_a/t_a + \Delta c/c + \Delta k/k$. Относительную погрешность δ_t (в %) вычисляют по формуле $\delta_t = (\Delta t_3/t_3) \cdot 100$.

Пример 15. Вычислить температуру замерзания виноматериала, содержащего $17,9 \pm 0,2\%$ об. спирта, $8,6 \pm 0,2\%$ сахара и $5,4 \pm 0,1$ г/л титруемых кислот, если

$$t_a = -6,8 \pm 0,3^\circ\text{C}.$$

$$t_3 = -6,8 - 0,34 \cdot 8,6 - 0,1 \cdot 5,4 = -10,26 \approx -10,3^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_3 = |0,3| - 6,8| + |0,2/8,6| + |0,1/5,4| = |0,087| \approx 0,1^\circ\text{C}, \text{ откуда } t_3 = -10,3 \pm 0,1^\circ\text{C};$$

$$\delta_t = (0,087 / -10,3) \cdot 100 = |0,84| \approx 0,8\%.$$

РАБОТА № 12. СОПОСТАВИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАМЕРЗАНИЯ

Результаты расчетных методов определения $t_{3\text{ рас}}$ могут быть

признаны достоверными и пригодными для решения поставленной задачи только после обоснования их равнозначности (однородности) со «стандартной» величиной, которой, как правило, являются значения $t_{3\text{ оп}}$ опытного определения показателя. Сравнение со «стандартом» проводят путем оценки существенности разности средних результатов расчетного и опытного методов определения t_3 . Оценивают либо абсолютные, либо относительные разности с учетом допустимой по условию задачи погрешности значений t_3 . В качестве «стандартных» величин t_3 (при несущественных различиях по составу) могут быть использованы данные табл. 16, а также других источников.

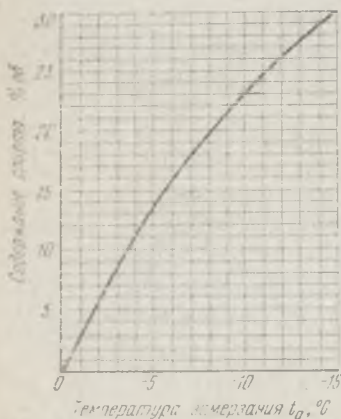


Рис. 4. Номограмма для определения температуры замерзания водных растворов этилового спирта.

Для сопоставления определяют предельно допустимые по условиям задачи отклонения опытной (стандартной) величины, с которыми затем сравнивают поочередно фактические отклонения (разности) расчетных величин.

Предельно допустимые отклонения опытной величины — абсолютные γ (в $^\circ\text{C}$) и относительные δ_{max} (в %) — ограничивают либо погрешностью (точностью) метода ее определения, либо допустимой погрешностью по условию практической задачи. Если γ и δ_{max} ограничивают погрешностью метода определения, тогда их вычисляют соответственно по формулам: $\gamma = \pm \Delta \bar{t}_{3\text{ оп}} t_p$ и $\delta_{\text{max}} = (\gamma / \bar{t}_{3\text{ оп}}) \cdot 100 = \Delta \bar{t}_{3\text{ оп}} t_p 100 / \bar{t}_{3\text{ оп}}$, где γ — абсолютные отклонения опытных результатов от среднего их значения для заданного уровня существенности различий (НСР — наименьшая средняя разность), $^\circ\text{C}$; $\Delta \bar{t}_{3\text{ оп}}$ — ошибка среднего результата опыта (ошибка опыта), $^\circ\text{C}$; t_p — значение критерия t Стьюдента для заданного уровня p

Т а б л и ц а 16. Температура замерзания некоторых вин

Образцы вин	Спирт, % об.	Сахар, %	Экстракт общий, г на 100 мл	Титруемая кислот- ность, г/л	Температу- ра замерза- ния, °С
Рислинг Анапа	11,83	—	2,0	8,07	—5,1
Рислинг Абрау	10,5	—	1,76	7,3	—4,8
Каберне Абрау	10,7	—	2,25	6,3	—5,4
Белое столовое	9,25	—	2,12	5,2	—3,95
Розовое столовое	9,75	—	2,14	7,15	—4,25
Красное столовое	9,0	—	1,78	4,6	—3,9
Саперави столовое	10,1	—	2,5	7,6	—4,6
Ркацители Циннандали	12,93	—	1,99	6,4	—6,0
Саперави Напареули	12,33	—	2,72	6,7	—6,2
Белое столовое	15,52	—	3,75	4,9	—8,1
Агавнатун					
Мюскадель	14,27	16,0	17,56	3,6	—10,8
Портвейн розовый	16,4	7,5	9,8	5,9	—10,1
Портвейн белый	17,9	8,6	10,32	4,35	—11,4
Портвейн красный	18,4	6,8	8,82	5,65	—11,6
Мадера	19,38	5,4	7,73	5,9	—12,15
Мускат	15,13	19,4	20,73	4,9	—13,5
Карданахи № 39	16,25	11,38	13,96	4,4	—11,6
Актафа	17,56	13,4	14,51	4,1	—12,0
Кагор	15,62	15,4	18,1	4,2	—12,2
Кара чанах Ркацители	15,8	19,16	20,0	3,6	—13,0
Кагор Аю Даг	14,58	17,7	20,3	5,5	—12,0
Мадера Массандра	19,08	4,68	6,62	5,4	—11,0
Мускат Массандра	12,75	23,85	26,46	5,3	—12,4
Портвейн Айгешат	19,0	9,7	12,9	5,0	—14,1
Мускат белый (Армения)	15,5	21,08	23,8	4,05	—14,2
Мускат розовый (Армения)	14,8	20,28	23,7	4,25	—13,2
Буаки десертное (Узбекистан)	14,76	16,48	20,07	3,9	—13,6
Узбекистон	17,3	22,0	27,99	4,5	—17,0

достоверности средних результатов при соответствующем числе повторностей опыта (степени свободы); $\bar{t}_{3\text{оп}}$ — среднее значение температуры замерзания вина, определенное опытом, °С; δ_{max} — относительные отклонения опытных результатов от среднего их значения для заданного уровня существенности различий, %.

Если же δ_{max} обусловлена условиями практической задачи, то вычисляют γ и $\Delta\bar{t}_{3\text{оп}}$ (абсолютное отклонение среднего вероятного значения $\bar{t}_{3\text{оп}}$, удовлетворяющего решению задачи) по уравнениям: $\gamma = \delta_{\text{max}} \bar{t}_{3\text{оп}} / 100$, $\Delta\bar{t}_{3\text{оп}} = \gamma / t_p$, где $\Delta\bar{t}_{3\text{оп}}$ — абсолютное отклонение значения среднего вероятного по условиям практической задачи, °С.

Значения t_p берут из табл. 17 для заданного уровня p существенности различий, чаще при трех степенях свободы (по числу вероятных значений $\bar{t}_{3\text{оп}}$, к которым относят среднее и 2 граничных значения: $\bar{t}_{3\text{оп}} + \Delta\bar{t}_{3\text{оп}}$, $\bar{t}_{3\text{оп}}$ и $\bar{t}_{3\text{оп}} - \Delta\bar{t}_{3\text{оп}}$).

Для выяснения достоверности (вероятности) результатов расчетных методов сравнивают их $\Delta\bar{t}_{3\text{рас/оп}} = \bar{t}_{3\text{рас}} - \bar{t}_{3\text{оп}}$ с $\gamma = \Delta\bar{t}_{3\text{оп}} t_p$ или $\delta_{\text{рас/оп}} = [(\bar{t}_{3\text{рас}} - \bar{t}_{3\text{оп}}) / \bar{t}_{3\text{оп}}] \cdot 100$ с δ_{max} практической задачи. Когда $\Delta\bar{t}_{3\text{рас/оп}} \leq \gamma$ или $\delta_{\text{рас/оп}} \leq \delta_{\text{max}}$, результат расчетного метода

Таблица 17. Значения критерия t_p

Число степеней свободы	Уровень существенности различий p		
	0,10	0,05	0,01
1	6,31	12,71	63,66
2	2,92	4,30	9,93
3	2,35	3,18	5,84
4	2,13	2,78	4,60
5	2,02	2,57	4,03

считается достоверным и равнозначным вероятному значению с погрешностью $\delta_{\text{рас/оп}}$. Когда же $\Delta t_{\text{з рас/оп}} > \gamma$ или $\delta_{\text{рас/оп}} > \delta_{\text{max}}$, данные расчетного метода считают недостоверными для заданного уровня их вероятности, а сам метод — неточным.

Соответствие (пригодность) расчетного или опытного метода решению практической задачи устанавливают сравнением допустимых погрешностей полученных значений $\Delta \bar{t}_{\text{з рас}}$ или $\Delta \bar{t}_{\text{з оп}}$ с γ . Метод удовлетворяет практической задаче, когда $\Delta \bar{t}_{\text{з рас}}$ ($\Delta \bar{t}_{\text{з оп}}$) меньше $\gamma = \Delta \bar{t}_{\text{з доп}} t_p$.

Пример 16. Опытное определение показало, что $t_{\text{з оп}}$ виноматериала равно $-11,0 \pm 0,2^\circ \text{C}$. При вычислении $t_{\text{з}}$ по расчетным формулам (8) и (9) были получены результаты соответственно $t'_{\text{з рас}} = -11,5 \pm 0,2^\circ \text{C}$ и $t''_{\text{з рас}} = -10,3 \pm 0,1^\circ \text{C}$.

Определить, какой из расчетных методов дает более точный и достоверный результат на уровне вероятности 95% (0,05%-ный уровень существенности различий) при допустимой погрешности опытных данных δ_{max} до 5,0%, если $t_{0,05} = 3,18$.

$$\gamma = \delta_{\text{max}} \bar{t}_{\text{з оп}} / 100 = 5,0 \cdot (-11,0) / 100 = \pm 0,55^\circ \text{C};$$

$$\Delta \bar{t}'_{\text{з доп}} = \gamma / t_{0,05} = \pm 0,55 / 3,18 = \pm 0,14^\circ \text{C}; \quad \Delta t'_{\text{з рас/оп}} = t'_{\text{з рас}} - \bar{t}_{\text{з оп}} = -11,5 - (-11,0) = -0,5^\circ \text{C}; \quad \Delta t''_{\text{з рас/оп}} = t''_{\text{з рас}} - \bar{t}_{\text{з оп}} = -10,3 - (-11,0) = 0,7^\circ \text{C};$$

$$\delta'_{\text{рас/оп}} = \Delta t'_{\text{з рас/оп}} \cdot 100 / \bar{t}_{\text{з оп}} = -0,5 \cdot 100 / -11,0 \approx 4,5\%;$$

$$\delta''_{\text{рас/оп}} = \Delta t''_{\text{з рас/оп}} \cdot 100 / \bar{t}_{\text{з оп}} = 0,7 \cdot 100 / -11,0 \approx -6,4\%;$$

$$\Delta t'_{\text{з рас}} = \pm 0,2^\circ \text{C} < \gamma; \quad \Delta t''_{\text{з рас}} = \pm 0,1^\circ \text{C} < \gamma; \quad \Delta t''_{\text{з рас}} < \Delta t'_{\text{з рас}}.$$

Следовательно, достоверным является результат $t'_{\text{з рас}} = -11,5 \pm 0,2^\circ \text{C}$. Результат $t''_{\text{з рас}} = -10,3 \pm 0,1^\circ \text{C}$ бракуется, так как $\Delta t''_{\text{з рас/оп}} > \gamma$ ($\delta'_{\text{рас/оп}} > \delta_{\text{max}}$).

Отчет

Отчет о проделанных работах составляется с учетом содержания и целевой установки задания. В нем приводится теория вопросов, обосновываются пути и способы выполнения задания, его целевое назначение. Расчетные формулы приводятся в общем виде с расшифровкой всех входящих в них величин. Данные измерений и вычислений, а также результаты их статистической обработки

оформляются специальным протоколом, форма которого принимается студентом по согласованию с преподавателем, в соответствии с содержанием задания и методикой его выполнения. Графики вычерчиваются в принятом масштабе. В заключение даются выводы по работе и рекомендации по практическому использованию ее результатов.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. 1 — опытное измерение температуры замерзания t_3 вин (виноматериалов) известного состава при их замораживании или оттаивании; 2 — вычисление температуры замерзания тех же вин по эмпирическим формулам; 3 — вычисление величины погрешности результатов опытного и расчетных методов определения t_3 вин заданного состава; 4 — оценка достоверности значений t_3 , вычисленных для вин заданного состава по эмпирическим формулам, и установление их соответствия решению практической задачи по условиям задания.

Дополнительные задания. 1 — определение опытным путем зависимости t_3 вина от концентрации отдельных компонентов и построение графиков этой зависимости; 2 — определение зависимости t_3 вина от концентрации отдельных компонентов с помощью расчетной формулы и сопоставление результатов с результатами опытного определения этой зависимости.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего необходимо знать температуру замерзания вина?
2. Какая температура называется температурой замерзания и от каких факторов она зависит?
3. Как узнать температуру замерзания вина неизвестного и известного состава?
4. На чем основаны расчетные методы определения t_3 вина?
5. Какой из расчетных методов определения t_3 дает более достоверные результаты для сухих вин и какой для крепленых?
6. Какой температурный режим необходимо поддерживать при обработке холодом столовых и крепленых вин?

УДЕЛЬНАЯ МАССОВАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ

Удельная массовая теплоемкость c показывает, какое количество поглощенной или излученной теплоты изменяет температуру единицы массы тела на 1 градус. Удельная теплоемкость различных веществ неодинакова и зависит от химического строения и уровня энергетического состояния молекул. У большинства однородных систем сложного состава она равна средневзвешенной величине удельных массовых теплоемкостей отдельных компонентов: $c = \sum m_i c_i / 100$, где m_i — концентрация выборочного компонента в системе, %; c — его удельная массовая теплоемкость (в принятых единицах измерения). Удельную массовую теплоемкость принято измерять в Дж/(кг·К). Для технических целей ее выра-

жают иногда в других единицах, чаще в ккал/(кг·град). Перевод из одной системы измерения в другую осуществляют по равенству $1 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{град}) = 4186,8 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

Удельная массовая теплоемкость вина c_v — важный в практическом отношении физический показатель, применяемый в расчетах тепловых процессов и соответствующих аппаратов. Величина c_v не обладает абсолютной аддитивностью, так как сжатие объема и выделение тепла после смешивания спирта с другими компонентами вина изменяют внутреннюю энергию системы и нарушают ее термодинамический баланс. В связи с этим точное значение c_v может быть определено только опытным путем. Однако ввиду сложности экспериментальных методов определение величины c_v проводят не опытным, а, как правило, расчетным путем.

Расчетные методы основаны на вычислении величины c_v по принципу аддитивности качественно-количественных показателей продукта. Они дают приближенные результаты, достоверность которых зависит от концентрации в вине спирта (погрешности за счет контракции и выделения тепла после растворения спирта) и других компонентов (погрешности замены одних компонентов другими).

РАБОТА № 13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ МАССОВОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ ВИНА РАСЧЕТОМ

Расчет c_v^t при заданной температуре t (в °C) проводят по аддитивной формуле обобщенного вида, учитывающей удельные массовые теплоемкости и концентрацию в вине спирта и общего экстракта:

$$c_v^t = \{[i_a^{20} (100 - \mathcal{E}) + 0,35 \mathcal{E}]/100 + 0,002 t\} 4186,8, \quad (10)$$

где c_v^t — удельная массовая теплоемкость вина при температуре t , ккал/(кг·град) [Дж/(кг·К)]; i_a^{20} — удельная теплоемкость водно-спиртовой части вина при 20°С (293 К), ккал/(кг·град); $\mathcal{E}$ — концентрация общего экстракта в вине, г на 100 мл (%); t — температура вина, °C.

Значения i_a^{20} находят в табл. 18 по концентрации спирта в вине. Величину c_v^t рассчитывают с точностью до десятичного знака с последующим округлением до целых. При необходимости результат выражают в ккал/(кг·град) с точностью до второго знака после запятой.

Окончательный результат записывают с абсолютной ошибкой, равной погрешности метода. Величина ошибки принимается равной максимальному отклонению показателя в сторону больших или меньших значений, вызванному погрешностями измерения переменных величин расчетного уравнения (10). Абсолютную ошибку Δc_v^t находят по относительной погрешности δ_c^t метода, для чего расчетное уравнение сначала логарифмируют, затем дифференцируют по независимым переменным, принимая все производные с одинаковым знаком и, наконец, заменяя дифференциалы

Таблица 18. Удельная теплоемкость i_a^{20} водных растворов этилового спирта при 20°С, ккал/(кг·град)

Спирт, % об.	i_a^{20}	Спирт, % об.	i_a^{20}	Спирт, % об.	i_a^{20}	Спирт, % об.	i_a^{20}
5	1,040	12	1,062	19	1,065	30	1,055
6	1,044	13	1,063	20	1,065	35	1,045
7	1,048	14	1,064	21	1,064	40	1,035
8	1,052	15	1,065	22	1,063	45	1,015
9	1,056	16	1,065	23	1,062	50	0,990
10	1,060	17	1,065	24	1,061	55	0,960
11	1,061	18	1,065	25	1,060	60	0,930

максимальными абсолютными погрешностями соответствующих переменных, производят вычисление δc_v^t , по которому находят Δc_v^t .

С достаточной для большинства технических целей точностью удельная массовая теплоемкость вина может быть найдена по номограмме (рис. 5); значения c_v^t вина в ккал/(кг·град) вычислены по формуле аддитивности обобщенного вида для различных температур и содержания сахара в вине. Величину c_v^t находят по точке пересечения линий температуры t (косые линии), сахаристости (вертикальные линии) и удельной массовой теплоемкости вина (горизонтальные линии). При несовпадении точки пересечения линий значений температуры и концентрации сахара с линиями значений c_v^t фактическое значение c_v^t определяют масштабно. Сахаристость вина находят опытным путем или принимают равной величине общего экстракта за вычетом величины приведенного экстракта. Последний считают равным: у белых сухих и крепленых вин — 1,5÷2,0 г на 100 мл; у красных — 3,0÷4,0 г на 100 мл. Для найденного значения c_v^t с помощью той же номограммы определяют абсолютную погрешность Δc_v^t , которая связана с точностью измерения температуры и концентрации в вине сахара. Величины c_v^t и Δc_v^t выражают в Дж/(кг·К).

Пример 7. Виноматериал содержит 20,0% об. (16,2% мас.) спирта и 20,0 г на 100 мл (18,6% мас.) экстрактивных веществ, в том числе 18,0 г на 100 мл составляют сахара. Требуется вычислить удельную массовую теплоемкость виноматериала при 20°С (293 К) по формуле (10) и найти ее значение по номограмме.

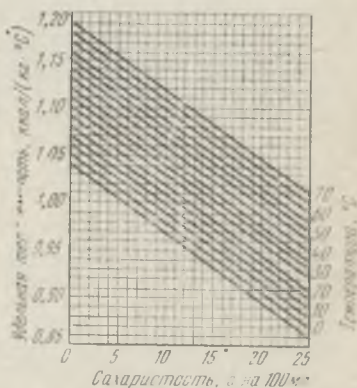


Рис. 5. Номограмма для определения удельной массовой теплоемкости вина.

Среднее значение величины $c_{\text{в}}^{20}$, рассчитанное по формуле (10), равно:
 $c_{\text{в}}^{20} = \{[1,065 \cdot (100 - 20) + 0,35 \cdot 20] / 100 + 0,002 \cdot 20\} 4186,8 = 4028 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, или
 0,96 ккал/(кг·град).

Относительная погрешность расчетной формулы при условии, что ошибка измерения концентрации спирта в виноматериале не превышает $\pm 0,2\%$ об., общего экстракта — $\pm 0,2 \text{ г}$ на 100 мл, а температуры — $\pm 0,5^\circ \text{C}$, составит:

$$\lg c_{\text{в}}^{20} = \lg \{[i_{\text{а}}^{20} (100 - \mathcal{E}) + 0,35 \mathcal{E}] / 100 + 0,002 t\} + \lg 4186,8;$$

$$dc_{\text{в}}^{20} / c_{\text{в}}^{20} = d \{[i_{\text{а}}^{20} (100 - \mathcal{E}) + 0,35 \mathcal{E}] / 100 + 0,002 t\} / \{[i_{\text{а}}^{20} (100 - \mathcal{E}) + 0,35 \mathcal{E}] / 100 + 0,002 t\} = \{d [i_{\text{а}}^{20} (100 - \mathcal{E}) / 100] + d(0,35 \mathcal{E} / 100) + d 0,002 t\} / [i_{\text{а}}^{20} \times \times (100 - \mathcal{E} + 0,35 \mathcal{E}) / 100 + 0,002 t].$$

Абсолютная величина погрешности расчета $c_{\text{в}}^{20}$:

$$\Delta c_{\text{в}}^{20} = \Delta i_{\text{а}}^{20} + \mathcal{E} \Delta i_{\text{а}}^{20} / 100 + i_{\text{а}}^{20} \Delta \mathcal{E} / 100 + 0,35 \Delta \mathcal{E} / 100 + 0,002 \Delta t = (1 + \mathcal{E} / 100) \Delta i_{\text{а}}^{20} + (i_{\text{а}}^{20} + 0,35) \Delta \mathcal{E} / 100 + \Delta t / 500 = (1 + 20 / 100) \cdot 0,0002 + (1,065 + 0,35) \cdot 0,2 / 100 + 0,5 / 500 \approx 0,004 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{град}), \text{ или } \approx 17 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

Значение $c_{\text{в}}^{20}$, рассчитанное по формуле (10), равно: $c_{\text{в}}^{20} = 4028 \pm 17 \text{ Дж}/(\text{кг} \times \text{К}) \approx 0,96 \pm 0,004 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{град})$.

Среднее значение величины $c_{\text{в}}^{20}$, найденное по номограмме для виноматериала сахаристостью 18,0% при 20°C , равно: $c_{\text{в}}^{20} = 0,96 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{град}) \approx \approx 4019 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

Абсолютная величина погрешности нахождения $c_{\text{в}}^{20}$ по номограмме при точности измерения сахаристости $\pm 0,2\%$ и температуры $\pm 0,5^\circ \text{C}$ не превышает 0,0002 ккал/(кг·град), или 8 Дж/(кг·К).

Результат определения $c_{\text{в}}^{20}$ по номограмме:

$$c_{\text{в}}^{20} = 0,96 \pm 0,002 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{град}) \approx 4019 \pm 8 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

Удельная массовая теплоемкость вина может быть рассчитана по аддитивной формуле развернутого вида, устанавливающей зависимость величины этого показателя при заданной температуре от концентрации спирта, общего экстракта, титруемой кислотности и удельной массовой теплоемкости этих компонентов:

$$c_{\text{в}}^t = K_1 c_1^t + K_2 c_2^t [1 - \rho_{\text{в}}^t (0,05 + 0,26 K_2 \rho_{\text{в}}^t / \rho_2^t) + 0,67 K_3 (0,62 + 0,3 K_3) + 0,2 K_4],$$

(11)

где $c_{\text{в}}^t$ — удельная массовая теплоемкость вина при температуре определения (К, $^\circ \text{C}$), ккал/(кг·град); K_1 — концентрация воды в продукте при 293 К (20°C), доли от единицы; c_1^t — удельная массовая теплоемкость воды при температуре определения (К, $^\circ \text{C}$), ккал/(кг·град); K_2 — концентрация спирта в продукте по массе при 293 К (20°C), доли от единицы; c_2^t — удельная массовая теплоемкость этилового спирта при температуре определения (К, $^\circ \text{C}$), ккал/(кг·град); $\rho_{\text{в}}^t$ — плотность вина при температуре определения (К, $^\circ \text{C}$), г/см³; ρ_2^t — плотность этилового спирта при температуре определения (К, $^\circ \text{C}$), г/см³; K_3 — концентрация общего экстракта в продукте по массе при 293 К (20°C), доли от единицы; K_4 — концентрация титруемых кислот в продукте при 293 К (20°C), доли от единицы.

Величины K_2 , K_3 и K_4 определяют экспериментально, а K_1 находят по разности: $K_1 = 1 - (K_2 + K_3 + K_4)$.

Значения c_1^t , c_2^t и ρ_2^t для заданной температуры t (К, °С) берут из табл. 19 интерполированием, а ρ_B^t — по усредненным данным зависимости плотности вина от состава (см. Приложения) или рассчитывают по формуле (4).

Таблица 19. Удельная теплоемкость и плотность воды и этилового спирта при различной температуре

Т, К	$t, ^\circ\text{C}$	c_1^t , ккал/(кг·град)	c_2^t , ккал/(кг·град)	ρ_2^t , г/см ³
263	—10	—	0,53	0,815
273	0	1,006	0,54	0,806
283	10	1,001	0,56	0,798
293	20	0,999	0,58	0,789
303	30	0,997	0,60	0,781
313	40	0,997	0,63	0,772
323	50	0,997	0,67	0,763
333	60	0,998	0,70	0,754
343	70	1,000	0,73	0,745
353	80	1,002	0,78	0,735
363	90	1,005	—	—
373	100	1,008	—	—

Величину c_B^t вычисляют с точностью до тысячных долей, а результат округляют до сотых. После умножения на коэффициент 4186,8 и округления до целых получают значение c_B^t в Дж/(кг·К). Результат записывают с его абсолютной погрешностью $\pm \Delta c_B^t$, которую вычисляют для заданных условий по максимальным отклонениям переменных путем решения расчетного уравнения методом логарифмического дифференцирования.

Пример 18. Виноматериал содержит 20,0% об. (16,2% мас.) спирта и 20,0 г на 100 мл (18,6% мас.) экстрактивных веществ, из которых 18,0 г на 100 мл составляют сахара и 7 г/л — титруемые кислоты. Вычислить среднее значение c_B при 20° С (293 К) по расчетной формуле (11).

$$K_1 = 1 - (0,162 + 0,186 + 0,007) = 0,645; \quad c_1^{20} = 0,999 \text{ ккал/(кг·град)}; \quad c_2^{20} = 0,58 \text{ ккал/(кг·град)}; \quad \rho_B^{20} = 1,0704 + 0,9733 - 0,9982 = 1,0455 \text{ г/см}^3; \quad \rho_2^{20} = 0,789 \text{ г/см}^3; \\ c_B^{20} = 0,645 \cdot 0,999 + 0,162 \cdot 0,58 [1 - 1,0455 (0,05 + 0,26 \cdot 0,162 \cdot 1,0455 / 0,789)] + 0,67 \times \\ \times 0,186 (0,62 + 0,3 \cdot 0,186) + 0,2 \cdot 0,007 = 0,813 \text{ ккал/(кг·град)} = 3405 \text{ Дж/(кг·К)}.$$

Относительная погрешность расчетной формулы при величинах ошибки измерения переменных $\Delta K_1 = \pm 0,006$, $\Delta K_2 = \Delta K_3 = \Delta K_4 = \pm 0,002$, $\Delta c_1^{20} = \pm 0,0001$ ккал/(кг·град), $\Delta c_2^{20} = [\pm 0,001 \text{ ккал/(кг·град)}]$, $\Delta \rho_B^{20} = \pm 0,001 \text{ г/см}^3$, $\Delta \rho_2^{20} = \pm 0,0004 \text{ г/см}^3$:

$$1g c_{\text{в}}^{20} = 1g [K_1 c_1^{20} + K_2 c_2^{20} - 0,05 \rho_{\text{в}}^{20} K_2 c_2^{20} - 0,26 (\rho_{\text{в}}^{20})^2 K_2^2 c_2^{20} / \rho_2^{20} + 0,415 K_3 + 0,2 K_3^2 + 0,2 K_4];$$

$$dc_{\text{в}}^{20}/c_{\text{в}}^{20} = d[K_1 c_1^{20} + K_2 c_2^{20} - 0,05 \rho_{\text{в}}^{20} K_2 c_2^{20} - \dots + 0,2 K_4] / (K_1 c_1^{20} + K_2 c_2^{20} - 0,05 \rho_{\text{в}}^{20} K_2 c_2^{20} - \dots + 0,2 K_4).$$

Абсолютная погрешность формулы:

$$\begin{aligned} \Delta c_{\text{в}}^{20} = & K_1 \Delta c_1^{20} + c_1^{20} \Delta K_1 + K_2 \Delta c_2^{20} + c_2^{20} \Delta K_2 + 0,05 \rho_{\text{в}}^{20} K_2 \Delta c_2^{20} + 0,05 \rho_2^{20} \times \\ & \times c_2^{20} \Delta K_2 + 0,05 K_2 c_2^{20} \Delta \rho_{\text{в}}^{20} + [0,26 (\rho_{\text{в}}^{20})^2 K_2^2 c_2^{20} \Delta c_2^{20}] / (\rho_2^{20})^2 - [0,26 (\rho_{\text{в}}^{20})^2 K_2^2 \times \\ & \times c_2^{20} \Delta \rho_2^{20}] / (\rho_2^{20})^2 + [0,26 (\rho_{\text{в}}^{20})^2 c_2^{20} \cdot 2 K_2 \rho_2^{20} \Delta K_2] - 0,26 (\rho_{\text{в}}^{20})^2 K_2^2 c_2^{20} \Delta \rho_2^{20} / (\rho_2^{20})^2 + \\ & + [0,26 K_2^2 c_2^{20} \cdot 2 \rho_{\text{в}}^{20} \rho_2^{20} \Delta \rho_{\text{в}}^{20} - 0,26 (\rho_{\text{в}}^{20})^2 K_2^2 c_2^{20} \Delta \rho_2^{20}] / (\rho_2^{20})^2 + 0,415 \Delta K_3 + 0,2 \times \\ & \times 2 K_3 \Delta K_3 + 0,2 \Delta K_4 = 0,645 \cdot 0,0001 + 0,999 \cdot 0,006 + 0,162 \cdot 0,001 + 0,58 \cdot 0,002 + \\ & + 0,05 \cdot 1,0455 \cdot 0,162 \cdot 0,001 + 0,05 \cdot 1,0455 \cdot 0,58 \cdot 0,002 + 0,05 \cdot 0,162 \cdot 0,58 \cdot 0,001 + \\ & + (0,26 \cdot 1,0455^2 \cdot 0,162^2 \cdot 0,789 \cdot 0,001 - 0,26 \cdot 1,0455^2 \cdot 0,162^2 \cdot 0,58 \cdot 0,0004 + 0,26 \times \\ & \times 1,0455^2 \cdot 0,58 \cdot 2 \cdot 0,162 \cdot 0,789 \cdot 0,002 - 0,26 \cdot 1,0455^2 \cdot 0,162^2 \cdot 0,58 \cdot 0,0004 + 0,26 \times \\ & \times 0,162^2 \cdot 0,58 \cdot 2 \cdot 1,0455 \cdot 0,789 \cdot 0,001 - 0,26 \cdot 1,0455^2 \cdot 0,162^2 \cdot 0,58 \cdot 0,0004) / 0,789^2 + \\ & + 0,415 \cdot 0,002 + 0,4 \cdot 0,186 \cdot 0,002 + 0,2 \cdot 0,002 \approx 0,009 \approx 0,01 \text{ ккал/(кг·град)} \approx 38 \\ & \text{Дж/(кг·К)}. \end{aligned}$$

Следовательно, $c_{\text{в}}^{20} = 3405 \pm 38 \text{ Дж/(кг·К)} = 0,81 \pm 0,01 \text{ ккал/(кг·град)}$.

РАБОТА № 14. СОПОСТАВИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ МАССОВОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ

Рассчитанные тем или иным способом величины удельной массовой теплоемкости нуждаются в установлении их достоверности (действительности) и точности. Достоверность характеризуют степенью однородности величин, а их точность — величиной относительной погрешности в сравнении с данными, полученными опытным путем.

О достоверности результатов, полученных расчетом, судят по величине критерия $t_{\text{факт}}$ Стьюдента для соответствующего уровня допустимых различий или уровня однородности p :

$$t_{\text{р ф а к т}} = (c_{\text{в рас}}^t - c_{\text{в оп}}^t) / \sqrt{(\Delta c_{\text{в рас}}^t)^2 + (\Delta c_{\text{в оп}}^t)^2}.$$

В том случае, когда величина $\Delta c_{\text{в оп}}^t$ неизвестна, ее рассчитывают по предельно допустимой погрешности $\delta_{\text{оп}}$ (в %) значений $c_{\text{в оп}}^t$, соответствующей условиям решаемой задачи: $\Delta c_{\text{в оп}}^t = \pm c_{\text{в оп}}^t \delta_{\text{оп}} / 100$.

Значения $c_{\text{в рас}}^t$ и $c_{\text{в оп}}^t$ считают однородными, а $c_{\text{в рас}}^t$ достоверным при условии, что $t_{\text{р ф а к т}} < t_{\text{р табл}}$.

Величину $t_{\text{р табл}}$ берут из справочных таблиц с учетом заданного уровня однозначности (достоверности) результатов (90, 95 или 99%) или уровня значимости их различий (0,1; 0,05 или 0,01) и числа степеней свободы f , определяемых по количеству повторностей измерения или вычисления $c_{\text{в}}^t$. При одина-

ковом числе повторностей в расчете и опыте $f=2 (n-1)$; при разном числе повторностей $f=n_{\text{оп}}+n_{\text{рас}}-2$.

Число повторностей в расчетном методе и опыте должно быть не менее трех: локальные $(c_v^t + \Delta c_v^t \text{ и } c_v^t - \Delta c_v^t)$ и среднее значение (c_v^t) показателя.

Точность, или погрешность результатов, характеризуют величиной наибольшего относительного отклонения $\delta_{\text{факт}}$ (относительная ошибка) от опытных данных:

$$\delta_{\text{факт}} = [(c_v^t \pm \Delta c_v^t)_{\text{рас}} - (c_v^t \pm \Delta c_v^t)_{\text{оп}}] / (c_v^t \pm \Delta c_v^t)_{\text{оп}}.$$

В теплотехнических расчетах величина относительной погрешности найденных значений c_v^t не должна превышать 5%. Достаточно точными считаются результаты, $\delta_{\text{факт}}$ которых меньше 2%.

Пример 19. Установить достоверность и точность результатов вычисления c_v^{20} виноматериала по формулам аддитивности обобщенного (I) и развернутого (II) вида для 95%-ного уровня их вероятности. Виноматериал содержит 20% об. (16,2% мас.) спирта и 20,0 г на 100 мл (18,6% мас.) экстракта, в том числе сахара 18,0 г на 100 мл. $c_v^{20} \text{ (I)} = 4028 \pm 17 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$, $c_v^{20} \text{ (II)} = 3405 \pm 38 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$.

За опытные данные, условно признанные как близкие к фактическим, принята c_v^{20} десертного вина Мускат белый (табл. 20) с погрешностью 2%: $c_{\text{в оп}}^{20} = 3609 \pm 72 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$.

Т а б л и ц а 20. Удельная массовая теплоемкость некоторых типов вин при различных температурах

Т, К	t, °С	Виноградное сухое белое		Виноградное крепкое белое		Плодово-ягодное белое		Мускат белый (десертное)	
		ккал/(кг × °град)	Дж/кг · К	ккал/(кг × °град)	Дж/кг · К	ккал/(кг × °град)	Дж/кг · К	ккал/(кг × °град)	Дж/кг · К
263	-10	—	—	0,843	3529	—	—	0,823	3466
268	-5	0,927	3881	0,866	3625	0,948	3969	0,851	3562
273	0	0,927	3881	0,879	3680	0,969	4055	0,860	3600
276	3	0,914	3826	0,887	3713	0,977	4090	0,862	3609
283	10	0,904	3784	0,890	3726	0,978	4094	0,862	3609
293	20	0,892	3734	0,890	3726	0,978	4094	0,862	3609
303	30	0,886	3709	0,890	3726	0,978	4094	0,862	3609
313	40	0,886	3709	0,890	3726	0,978	4094	0,862	3609
323	50	0,893	3738	0,890	3726	0,978	4094	0,862	3609
333	60	0,905	3789	0,890	3726	0,978	4094	0,862	3609

Рассчитаем t при уровне значимости 0,05:

$$t_{0,05 \text{ факт}} \text{ (I)} = (4028 - 3609) / \sqrt{17^2 + 72^2} = 419 / 74 = 5,662;$$

$$t_{0,05 \text{ факт}} \text{ (II)} = (3405 - 3609) / \sqrt{38^2 + 72^2} = 204 / 81,4 = 2,506.$$

Количество повторностей принято равным трем в расчетах по эмпирическим формулам и в опыте (локальные и среднее значения c_v^{20}):

$$c_{\text{в}}^{20}(\text{I})' = 4011 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}); c_{\text{в}}^{20}(\text{I})'' = 4028 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}); c_{\text{в}}^{20}(\text{I})''' = 4045 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К});$$

$$c_{\text{в}}^{20}(\text{II})' = 3367 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}); c_{\text{в}}^{20}(\text{II})'' = 3405 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}); c_{\text{в}}^{20}(\text{II})''' = 3443 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К});$$

$$c_{\text{в оп}}^{20} = 3537 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}); c_{\text{в оп}}^{20} = 3609 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}); c_{\text{в оп}}^{20} = 3681 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К});$$

$$f = 2(3-1) = 4; t_{0,05 \text{ табл}} = 2,776.$$

Результат $c_{\text{в}}^{20}(\text{I})$ бракуется, так как $t_{0,05 \text{ факт}}(\text{I}) > t_{0,05 \text{ табл}}$; результат $c_{\text{в}}^{20}(\text{II})$ считается достоверным, так как $t_{0,05 \text{ факт}}(\text{II}) < t_{0,05 \text{ табл}}$.

Точность $c_{\text{в}}^{20}(\text{II})$: $\delta_{\text{факт}}(\text{II}) = (c_{\text{в}}^{20}(\text{II})' - c_{\text{в оп}}^{20}) \cdot 100 / c_{\text{в оп}}^{20} = (3367 - 3681) \times 100 / 3681 = 8,53\%$.

Следовательно, достоверные для исследуемого виноматериала результаты $c_{\text{в}}^{20}$ относительно опытных данных для Муската белого десертного дает формула аддитивности развернутого вида. На 95%-ном уровне вероятности погрешность данных достигает 8,5%.

Формула аддитивности обобщенного вида при принятых условиях сопоставления дает результаты, не совпадающие с опытными.

Отчет

Отчет о проделанных работах включает в себя задание, краткое изложение целевой установки, теоретической основы и способов достижения результатов с указанием основных расчетных формул. Дополнительные расчетные данные, вычисления и материалы статистической обработки результатов отражают в протоколе.

По указанию преподавателя полученные данные могут быть подвергнуты дополнительной обработке в направлении получения статистических величин, позволяющих оценивать результаты в соответствии с задачей, поставленной в задании.

Конечные результаты приводятся в выводах в виде отдельных величин, таблиц или графиков с соответствующей их интерпретацией. Форма протокола записи первичных данных, вычислений и обработки результатов должна приниматься студентом самостоятельно в соответствии с содержанием работы по заданию.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. 1 — вычисление по формулам (10) и (11) и нахождение по номограмме (рис. 5) величины удельной массовой теплоемкости виноматериала (вина) известного состава при температурах 293 К (20°С) и t , указанной в задании; 2 — нахождение абсолютной и относительной погрешностей величин $c_{\text{в}}^t$, полученных по расчетным формулам (10) и (11) и по номограмме (рис. 5) для виноматериала и температур, указанных в задании; 3 — оценка достоверности и погрешности полученных по формулам (10) и (11) и найденных по номограмме (рис. 5) величин удельной массовой теплоемкости виноматериала по заданию относительно известных данных, полученных опытным путем для аналогичных или наиболее близких к указанным в задании условий

(для сравнения берутся данные из официальных литературных источников).

Дополнительные задания. 1 — установление однородности значений удельной массовой теплоемкости c_v^t виноматериала, найденных по формулам (10) и (11), для температур, применяемых в винодельческой практике. Построение графика $t_{р\text{ факт}}/t_{р\text{ табл}} = f(t)$ и определение интервала значений t , при которых обе формулы дают сопоставимые результаты; 2 — вычисление c_v^t виноматериалов различного состава по формулам (10) и (11). Установление зависимости величины c_v^t виноматериала от концентрации отдельных компонентов. Сопоставление найденных значений c_v^t виноматериалов с c^t чистых растворов компонентов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего нужно знать удельную массовую теплоемкость продуктов виноделия?
2. Какими способами определяют c_v^t вина? Как проводится их сравнительная оценка по сложности выполнения?
3. Какие факторы влияют на величину c_v^t продуктов виноделия и какова их значимость?
4. Каков порядок величин c_v^{20} сухих и крепленых вин относительно водно-спиртовых или водно-сахарных растворов такой же концентрации?
5. Каковы величины c^{20} кристаллической сахарозы и ее водных растворов 10, 20 и 60 %-ной концентрации?
6. Как находят ошибки метода определения c_v^t вина и как сопоставляют результаты двух различных методов по статистическим характеристикам?

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ

Для расчетов тепловых процессов необходимо знать удельную теплопроводность продуктов, подвергаемых нагреванию или охлаждению, т. е. количество тепла, проходящего в течение 1 ч через слой продукта толщиной 1 м и площадью 1 м² в направлении вектора температуры при его градиенте 1 град/м.

Величина удельной теплопроводности, называемая коэффициентом теплопроводности λ , измеряется в Вт/(м·К). В технических расчетах ее часто измеряют также внесистемными единицами — ккал/(м·ч·°С). Переводят единицы по равенству 1 ккал/(м·ч·°С) = 1,136 Вт/(м·К).

Коэффициент теплопроводности λ_v вина (виноматериала) зависит от строения и количественного соотношения содержащихся в нем компонентов и изменяется от температуры. λ этилового спирта значительно меньше, чем λ инвертного сахара и λ воды, и в отличие от них с повышением температуры уменьшается. Поэтому в связи с различием вин по химическому составу необходимо определять λ для каждого вина с учетом температуры.

Величину λ_v^t можно определять как опытным, так и расчетным путем, однако в том и другом случае результаты имеют при-

ближенные значения. Расчетные методы основаны на подчиненности величины λ_t правилу аддитивности. Их точность ограничена сложностью состава и значительными различиями составных компонентов вина по величине их λ , а также неодинаковым влиянием на λ температуры.

Опытным путем получить точные данные λ для вина затруднительно, так как практически невозможно полностью избежать влияния конвекции — передачи тепла за счет взаимного перемещения частиц. Экспериментальные методы сравнительно сложны и требуют специального оборудования. Поэтому λ_v целесообразнее определять расчетными методами, которые в большинстве случаев дают достаточно точные результаты.

РАБОТА № 15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВИНА РАСЧЕТОМ

Величина коэффициента теплопроводности вина (виноматериала) при заданной температуре рассчитывается по формуле Смита, устанавливающей зависимость этого показателя от абсолютной плотности, удельной теплоемкости, динамической вязкости и молекулярной массы продукта:

$$\lambda_t = 0,293 \rho_t^{2,15} c_t^{1,55} M^{0,192} / (10^{12} \mu_t^{0,12}), \quad (12)$$

где λ_t — коэффициент теплопроводности вина при заданной температуре t (К, °С), Вт/(м·К); ρ_t — абсолютная плотность вина при заданной температуре t (К, °С), кг/м³; c_t — удельная массовая теплоемкость вина при заданной температуре t (К, °С), Дж/(кг·К); M — молекулярная масса вина (условная средневзвешенная величина), г-моль/л; μ_t — динамическая вязкость вина при заданной температуре t (К, °С), мПа·с.

Величину ρ_t измеряют денсиметром или определяют с помощью пикнометра. При известном содержании в вине общего экстракта (сухих веществ), спирта и титруемых кислот ρ_t может быть вычислена по одной из эмпирических формул (например, 4) либо взята из таблиц, приведенных в Приложениях.

Значения c_t находят путем линейного интерполирования табличных данных (см. Приложения), если известно содержание спирта и общего экстракта (сухих веществ) вина. Если имеются данные о содержании в вине сахара, то c_t вина может быть найдена по номограмме (см. рис. 5).

Молекулярную массу вина вычисляют по формуле $M = 20 + 0,28a + 1,62c$, где a — содержание в вине спирта, % мас.; c — содержание в вине сахара, % мас.

Динамическая вязкость μ_t вина определяется опытным путем с помощью капиллярного вискозиметра либо вычисляется по эмпирической формуле (5), устанавливающей зависимость μ от концентрации спирта и общего экстракта в вине и от температуры. Для некоторых вин и температур величина μ_t может быть найдена из табл. 21.

Т а б л и ц а 21. Динамическая вязкость некоторых виноматериалов при температуре 291—293 К (18—20° С)

Спирт, % об.	Общий экстракт, %	μ , 10 ⁴ Па·с	Спирт, % об.	Общий экстракт, %	μ , 10 ⁴ Па·с
8,0	1,9	1,53—1,59	12,9	12,9	2,58—2,60
8,5	1,0	1,51—1,52	11,2	16,6	2,79—2,87
13,9	6,4	2,17—2,18	8,8	2,7	1,60—1,62
11,4	11,4	2,45—2,64	11,0	16,3	2,74—2,86
11,6	16,5	2,82—3,06	8,3	2,8	1,56—1,59

$\lambda_{\text{т}}$ определяют с точностью до 0,0001 Вт/(м·К) с последующим округлением до 0,001 Вт/(м·К). Окончательный результат записывают с абсолютной погрешностью $\pm \Delta \lambda_{\text{т}}$, которую вычисляют для заданных условий по максимальным отклонениям переменных путем решения расчетного уравнения после его преобразования методом логарифмического дифференцирования в выражение следующего вида:

$$\Delta \lambda_{\text{т}} = \lambda_{\text{т}}^t (2,15 \Delta \rho_t / \rho_t + 1,55 \Delta c_t / c_t + 0,12 \Delta \mu_t / \mu_t + 0,192 \Delta M / M).$$

Величина $\delta_{\lambda}^t = (\Delta \lambda_{\text{т}}^t / \lambda_{\text{т}}^t) \cdot 100$ (в %) характеризует относительную погрешность результатов при заданной температуре.

Пример 20. Виноматериал содержит $20,0 \pm 0,2\%$ об. спирта и $20,0 \pm 0,2\%$ (г на 100 мл) общего экстракта. Рассчитать его коэффициент теплопроводности при $293 \pm 0,5$ К ($20 \pm 0,5^\circ$ С) по формуле Смита.

По формуле (4) $\rho_{20} = 1070,4 + 973,3 - 998,2 = 1045,5$ кг/м³. $\Delta \rho_{20} = 0,8 + 0,8 + 0,8 + 0,15 + 0,15 + 0,15 + 0,2 + 0,2 + 0,2 = 3,45 \approx 3,5$ кг/м³.

По данным табл. 4 $20,0 \pm 0,2\%$ общего экстракта соответствует концентрация $18,6 \pm 0,2\%$ мас., а $20,0\%$ об. спирта — $16,2\%$ мас. Величина c_{20} по табличным данным (см. Приложение 5) составляет 0,7984 ккал/(кг·°С), а $\Delta c_{20} = 0,001 + 0,001 + 0,00025 = 0,00225$ ккал/(кг·°С), т. е. $c_{20} = 3343 \pm 9$ Дж/(кг·К).

Молекулярная масса виноматериала $M = 20 + 0,28 \cdot 16,2 + 1,62 \cdot 18,6 = 54,66$ г-моль/л, $\Delta M = 0,28 \cdot 0,2 + 1,62 \cdot 0,2 = 0,38$ г-моль/л.

Коэффициент динамической вязкости по формуле (5) $\mu_{20} \pm \Delta \mu_{20} = [9,45 \pm$

$$\pm (0,085 + 0,096)] / [1 + (0,0479 \pm 0,00007) \cdot (20 \pm 0,5) + (0,0013 \pm \pm 0,000026) \cdot (20 \pm 0,5)^2] = 3,81 \pm 0,02 \text{ мПа·с.}$$

Коэффициент теплопроводности

$$\lambda_{\text{т}}^{20} = 0,293 \cdot 1045,5^{2,15} \cdot 3343^{1,55} \cdot 54,66^{0,192} / (1012 \cdot 3,81^{0,12}) = 0,483 \text{ Вт/(м·К);}$$

$$\Delta \lambda_{\text{т}}^{20} = 0,483 (2,15 \cdot 3,5 / 1045,5 + 1,55 \cdot 9 / 3343 + 0,192 \cdot 0,38 / 54,66 + 0,12 \cdot 0,02 / 3,81) = 0,0064 \approx 0,006 \text{ Вт/(м·К);}$$

$$\delta_{\lambda}^{20} = (\Delta \lambda_{\text{т}}^{20} / \lambda_{\text{т}}^{20}) \cdot 100 = 0,0064 / 0,483 \cdot 100 = 1,33 \approx 1,3\%.$$

Следовательно, $\lambda_{\text{т}}^{20}$ по формуле Смита составляет $0,483 \pm 0,006$ Вт/(м·К).

Вычисление величин коэффициентов теплопроводности вин (виноматериалов) при заданной температуре может быть проведено по аддитивной формуле с эмпирическими коэффициентами, учиты-

вающей зависимость λ_v^t от количественного соотношения основных компонентов вина:

$$\lambda_v^t = \lambda_0^t - (0,5 K_c + 0,307 K_a + 0,068 \rho_v^t / \rho_0^t), \quad (13)$$

где λ_v^t — коэффициент теплопроводности вина при заданной температуре t (K, °C), Вт/(м·К); λ_0^t — коэффициент теплопроводности воды при заданной температуре t (K, °C), Вт/(м·К); K_c , K_a — концентрации в вине соответственно спирта и общего экстракта, доли от единицы (по массе); ρ_v^t , ρ_0^t — соответственно плотность вина и воды при заданной температуре t (K, °C), кг/м³; $0,068 \rho_v^t / \rho_0^t$ — поправка на влияние неучтенных компонентов, Вт/(м·К).

Значения λ_0^t для заданных температур берут из табл. 22 путем линейного интерполирования. Величины показателей ρ_v^t и ρ_0^t таким же образом находят по табличным данным (соответственно Приложение 2 и табл. 1).

Т а б л и ц а 22. Коэффициенты теплопроводности воды при различной температуре

Т, К	t , °C	λ_0^t Вт/(м·К)	Т, К	t , °C	λ_0^t Вт/(м·К)	Т, К	t , °C	λ_0^t Вт/(м·К)
273	0	0,551	308	35	0,625	343	70	0,667
278	5	0,562	313	40	0,633	348	75	0,671
283	10	0,574	318	45	0,640	353	80	0,674
288	15	0,586	323	50	0,647	358	85	0,677
293	20	0,598	328	55	0,653	363	90	0,680
298	25	0,508	333	60	0,659	368	95	0,682
303	30	0,617	338	65	0,663	373	100	0,683

Коэффициенты K_c и K_a рассчитывают, исходя из опытных данных о содержании в вине спирта и общего экстракта, и только при приближенных расчетах принимают ориентировочно по табл. 4.

Величины λ_v^t вычисляют с точностью до 0,001 Вт/(м·К) и результаты записывают с их абсолютной погрешностью. Абсолютную погрешность $\Delta \lambda_v^t$ рассчитывают для заданных условий подстановкой максимально возможных отклонений переменных величин в расчетную формулу, подвергнув ее предварительно логарифмическому дифференцированию по независимым переменным (так как знаки отдельных погрешностей неизвестны, то они все принимаются положительными):

$$\lg \lambda_v^t = \lg \lambda_0^t + \lg 0,5 + \lg K_c + \lg 0,307 + \lg K_a + \lg 0,068 + \lg \rho_v^t + \lg \rho_0^t;$$

$$d \lambda_v^t / \lambda_v^t = d \lambda_0^t / \lambda_0^t + d K_c / K_c + d K_a / K_a + d \rho_v^t / \rho_v^t + d \rho_0^t / \rho_0^t$$

$$\text{или } \Delta \lambda_v^t = \lambda_v^t (\Delta \lambda_0^t / \lambda_0^t + \Delta K_c / K_c + \Delta K_a / K_a + \Delta \rho_v^t / \rho_v^t + \Delta \rho_0^t / \rho_0^t).$$

Относительную ошибку (погрешность) δ_0^t (в %) полученных данных для заданных условий вычисляют по формуле

$$\delta_\lambda^t = (\Delta \lambda_v^t / \lambda_v^t) \cdot 100 \text{ (в \%)}.$$

Пример 21. Виноматериал содержит $20,0 \pm 0,2\%$ об. спирта и $20,0 \pm 0,2\%$ экстракта. Вычислить величину $\lambda_{\text{н}}^t$ при температуре $20,0 \pm 0,5^\circ \text{C}$ ($293 \pm 0,5 \text{ K}$) и ее погрешность.

По данным табл. 4 $20,0 \pm 0,2\%$ об. спирта соответствуют $16,2 \pm 0,2\%$ мас., $20,0 \pm 0,2\%$ экстракта соответствуют $18,6 \pm 0,2\%$ мас.

$$\lambda_0^{20} = 0,598 \pm 0,001 \text{ Вт/(м·К)}; \rho_{\text{н}}^{20} = 1048,6 \pm (0,8 + 0,2 + 0,15) = 1048,6 \pm 1,2 \text{ кг/м}^3; \rho_0^{20} = 998,2 \pm 0,1 \text{ кг/м}^3,$$

$$K_{\text{с}} = (16,2 \pm 0,2)/100 = 0,162 \pm 0,002; K_{\text{э}} = (18,6 \pm 0,2)/100 = 0,186 \pm 0,002;$$

$$\lambda_{\text{н}}^{20} = 0,598 - (0,5 \cdot 0,162 + 0,307 \cdot 0,186 + 0,068 \cdot 1048,6 \cdot 998,2) = 0,339 \text{ Вт/(м·К)};$$

$$\Delta \lambda_{\text{н}}^{20} = 0,389 (0,001/0,598 + 0,002/0,162 + 0,002/0,186 + 1,2/1048,6 + 0,1/998,2) = 0,010 \text{ Вт/(м·К)};$$

$$\lambda_{\text{н}}^{20} \pm \Delta \lambda_{\text{н}}^{20} = 0,339 \pm 0,010 \text{ Вт/(м·К)}; \delta_{\lambda_{\text{н}}}^{20} = (0,010/0,339) \cdot 100 = 2,6 \%$$

Приравнивание $\lambda_{\text{н}}^t$ вина к $\lambda_{\text{с-с}}^t$ водно-спиртово-сахарных растворов и вычисление величин $\lambda_{\text{н}}^t$ по формулам, применимым для расчета значений $\lambda_{\text{с-с}}^t$, по точности и достоверности результатов не имеют преимуществ перед вычислением $\lambda_{\text{н}}^t$ по предлагаемым расчетным формулам, в связи с чем они здесь не представлены.

РАБОТА № 16. СОПОСТАВИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Изучение существенности различий между результатами $\lambda_{\text{н}}^t$, вычисленными по рекомендованным эмпирическим формулам, позволяет выявить лишь степень их однородности относительно друг друга. Об их достоверности и точности можно судить только по результатам попарного сопоставления с экспериментальными данными, заимствованными из литературных источников и принимаемыми обычно как стандартные (контроль).

Достоверность расчетных данных для $p\%$ -ного уровня значимости различий удобно определять по методу Тьюги, основанному на сопоставлении попарных разностей $(\lambda_{\text{в рас}}^t - \lambda_{\text{в оп}}^t)$ с величиной $D = Q\epsilon$, где Q — множитель, зависящий от числа степеней свободы остаточной дисперсии f и числа повторностей n ; ϵ — обобщенная ошибка расчетной и опытной величин $\lambda_{\text{в}}^t$. Для расчетных и экспериментальных методов n принимают равным трем (по числу возможных результатов: два локальных и один средний), при этом $f = 2(n-1) = 4$. Для этих значений n и f величина коэффициента Q для 5%-ного уровня существенности равна 5,00.

Величину ϵ рассчитывают по формуле

$$\epsilon = \sqrt{\epsilon_{\text{рас}}^2 + \epsilon_{\text{оп}}^2} = \sqrt{[(\Delta \lambda_{\text{в рас}}^t)^2 + (\Delta \lambda_{\text{в оп}}^t)^2]/n} = \sqrt{[(\Delta \lambda_{\text{в рас}}^t)^2 + (\Delta \lambda_{\text{в оп}}^t)^2]/3}.$$

$$\text{Следовательно, величина } D \text{ определится из выражения } D = 5\sqrt{[(\Delta \lambda_{\text{в рас}}^t)^2 + (\Delta \lambda_{\text{в оп}}^t)^2]/3}.$$

Разности $(\lambda_{в\text{ рас}}^t - \lambda_{в\text{ оп}}^t)$, не превышающие D , свидетельствуют об однородности расчетных данных с опытными, что указывает на их достоверность. При $(\lambda_{в\text{ рас}}^t - \lambda_{в\text{ оп}}^t) > D$ результаты неадекватны, а $\lambda_{в\text{ рас}}^t$ считают недостоверной.

Погрешность достоверных расчетных данных относительно «контроля» вычисляю по формуле

$$\delta_{\lambda_{в\text{ рас}}}^t = [(\lambda_{в\text{ рас}}^t - \lambda_{в\text{ оп}}^t) / \lambda_{в\text{ оп}}^t] \cdot 100 = (\Delta\lambda_{в\text{ рас/оп}}^t / \lambda_{в\text{ оп}}^t) \cdot 100.$$

Принято считать, что данные расчетных формул имеют хорошую точность, когда $\delta_{\lambda_{в\text{ рас}}}^t < 2\%$, удовлетворительную — при $\delta_{\lambda_{в\text{ рас}}}^t = 2 \div 5\%$.

Пример 22. Доказать для 95%-ного уровня вероятности достоверность и определить погрешность (в %) результата вычисления $\lambda_{в\text{ рас}}^{20}$ по формуле Смита для виноматериала с содержанием спирта 20,0% об. (16,2% мас.) и экстракта 20,0 г на 100 мл (18,6% мас.). В качестве достоверных принять литературные данные по $\lambda_{в\text{ оп}}^{20}$ для виноматериала или вина, обладающего близкими кондициями.

Из примера 20 $\lambda_{в\text{ рас}}^{20} = 0,483 \pm 0,006$ Вт/(м·К). Для сравнения приняты данные по Кагору с погрешностью 1,0% (см. Приложение 6):

$$\lambda_{в\text{ оп}}^{20} = 0,482 \pm 0,005 \text{ Вт/(м·К)}.$$

$$D = 5\sqrt{(0,006^2 + 0,005^2)} / 3 = 0,023 \text{ Вт/(м·К)};$$

$$\Delta\lambda_{в\text{ рас/оп}}^{20} = 0,483 - 0,482 = 0,001 \text{ Вт/(м·К)};$$

$$\delta_{\lambda_{в\text{ рас}}}^{20} = (\Delta\lambda_{в\text{ рас/оп}}^{20} / \lambda_{в\text{ оп}}^{20}) \cdot 100 = 0,001 \cdot 100 / 0,482 \approx 0,21\%.$$

Так как $\Delta\lambda_{в\text{ рас/оп}}^{20} < D$, расчетные данные для 95%-ного уровня вероятности достоверны с погрешностью около 0,2%.

Отчет

Отчет о проделанных работах включает в себя задание (кондиции виноматериалов, значения температур, для которых рассчитывается величина $\lambda_{в}$, опытные данные по $\lambda_{в\text{ оп}}$ для сопоставительного анализа, уровень существенности различий при рассмотрении $\lambda_{в}$ и $\lambda_{в\text{ оп}}$ на однородность, допустимые погрешности измерения отдельных показателей расчетных формул, точность опытных данных и т. д. в соответствии с содержанием задания), а также краткое изложение теории вопроса, поставленной цели и путей выполнения работы.

Расчетные формулы, вычисления и результаты оформляются в виде протокола (форма протокола принимается студентом самостоятельно в соответствии с заданием).

Дополнительные расчеты и материалы статистической обработки результатов предпочтительно отражать по ходу обработки материала или отдельно после составления протокола, графиков или таблиц. В конце отчета делаются выводы и дается заключение о применимости результатов работы в практических целях.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. 1 — вычисление величины коэффициента теплопроводности вин для температур и составов, указанных в задании, по различным формулам; 2 — вычисление абсолютной и относительной погрешностей расчетных формул для λ_v вина при температурах, указанных в задании; 3 — оценка однородности и достоверности расчетных данных с экспериментальными, вычисление и оценка их погрешности (для сравнения принимаются данные из литературных источников, которые получены для аналогичных или наиболее близких к указанным в задании условий).

Дополнительные задания. 1 — вычисление значений коэффициента теплопроводности вина известного состава по формуле Смита или по формуле аддитивности для различных температур в интервале их практических величин (7—8 точек) и построение графика $\lambda_v = f(t)$. Оценка тесноты связи между λ_v и t по коэффициенту корреляции r и корреляционному отношению η ; 2 — вычисление λ_v вин различного состава (типа) по формуле Смита и по формуле аддитивности для различных температур (7—8 значений), построение графиков зависимости $\lambda_v = f(t)$ по вычисленным данным для вина и по фактическим (опытным) данным для чистых водно-спиртово-сахарных растворов аналогичного состава, сопоставительный анализ по статистическим показателям λ_v^2 вина и растворов и установление интервала значений температуры, когда расчетные формулы дают по отношению к λ_v^2 чистых растворов достаточно точные и достоверные результаты.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего нужно знать величину коэффициента теплопроводности продуктов виноделия и какова его зависимость от температуры и состава продукта?
2. Как изменяется λ_v при повышении температуры, при увеличении содержания спирта или экстракта в продукте?
3. Какие расчетные формулы применяют для нахождения величин λ_v , как проводится их сопоставительная оценка по точности и достоверности результатов?
4. Как устанавливают однородность результатов различных методов определения λ_v по методу Тьюни (сущность, расчетная формула)?
5. Как вычисляют погрешности различных методов определения λ_v , как проводят сопоставительный анализ попарных результатов по величине δ_λ ?

ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ВИНА К ДИОКСИДУ УГЛЕРОДА

Поглотительная способность вина к диоксиду углерода (CO_2) зависит от состава вина и температуры. Величину поглотительной способности вина выражают через коэффициент абсорбции Бунзена β_t , т. е. как объем диоксида углерода, приведенный к нормальным условиям, который растворяется в единице объема данного вина при температуре опыта и при парциальном давлении CO_2 , равном 760 мм рт. ст.: $\beta_t = v_0/V_t = v_t(A-P)/[V_t \cdot 760(1 + 0,00372t)]$.

где v_0 — объем диоксида углерода, приведенный к нормальным условиям температуры и давления; V_t — объем вина при температуре насыщения диоксидом углерода; v_t — поглощенный объем газа, непосредственно отсчитанный при температуре измерения t ; A — барометрическое давление, приведенное к 0°C ; P — упругость паров вина; 0,00372 — температурный коэффициент расширения CO_2 .

Поглотительная способность вина к диоксиду углерода имеет существенное значение в производстве игристых и газированных (шипучих) вин. Величины поглотительной способности вина к CO_2 необходимы для вычисления точных дозировок сахара для шампанизации и определения конечного давления CO_2 , достигаемого в результате вторичного брожения или сатурации. Знать величину поглотительной способности вина к CO_2 нужно при установлении зависимости давления системы вино — CO_2 в замкнутом сосуде от температуры, а также при определении скорости поглощения диоксида углерода вином в разных условиях.

Величина коэффициента β_t может быть установлена опытным путем (аналитический) или вычислена по специальному эмпирическому уравнению.

РАБОТА № 17. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ВИНА К ДИОКСИДУ УГЛЕРОДА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ПУТЕМ

Принадлежности к работе. Приборы для определения содержания CO_2 в тихих винах массовым, титрометрическим или волюмометрическим методами; установка для насыщения вина диоксидом углерода; специальные пипетки для отбора проб вина на анализ; баллон с жидким диоксидом углерода или аппарат Киппа, снаряженный для получения диоксида углерода; термостатическая ванна; термометр с ценой деления $0,5^\circ\text{C}$.

Для экспериментального определения поглотительной способности к CO_2 исследуемый виноматериал насыщают чистым диоксидом углерода до равновесного состояния при атмосферном давлении и данной температуре с последующим измерением количества поглощенного газа. Измерения проводят с помощью прецизионных (повышенной точности) методов, описанных в специальной литературе.

Поглотительная способность виноматериалов к диоксиду углерода может быть определена с точностью, достаточной для технологических целей, упрощенным методом, который состоит в следующем. В цилиндрический сосуд с пористым дном помещают 100 мл предварительно профильтрованного вина. Пористое дно может быть выполнено из стеклянного фильтра № 3 или заменено промывной трубкой такой же пористости. Вино в сосуде насыщают диоксидом углерода, промытым хромовой смесью и водой, путем барботирования мелкими пузырьками в течение 30 мин в слабом токе при постоянной температуре, поддерживаемой с точностью $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

После насыщения отбирают 50 мл вина в специальную пипетку (рис. 6), температура которой должна быть предварительно доведена до температуры опыта. Пипетку медленно погружают в вино и после заполнения при отсутствии газовых пузырей быстро подсоединяют к прибору для определения содержания в вине CO_2 .

Количественное определение диоксида углерода может быть проведено любым методом, обеспечивающим относительную ошибку не более 4 %.

При определении CO_2 волюмометрическим методом расчет результатов проводят по формуле

$$\beta_t = v_t (1 - 0,00372t) / V,$$

где v_t — объем диоксида углерода при температуре опыта во взятом на анализ объеме вина, мл; t — температура, при которой измерен объем CO_2 в газовой бюретке прибора; V — объем вина, взятого для анализа, мл.

При определении CO_2 массовым или титрометрическим методами расчет ведут по формуле

$$\beta_t = 1000Q / (1,976V),$$

где Q — содержание CO_2 в вине, взятом на анализ, г; 1,976 — масса 1 л CO_2 при 0°C и нормальном давлении, г.

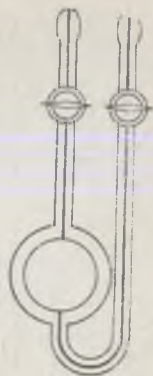


Рис. 6. Пипетка для отбора проб вина, насыщенного диоксидом углерода.

РАБОТА № 18. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ВИНА К ДИОКСИДУ УГЛЕРОДА РАСЧЕТОМ

Величины коэффициента поглотительной способности вина к диоксиду углерода могут быть приблизительно вычислены в зависимости от температуры и содержания в вине спирта и сахара по следующей эмпирической формуле:

$$\beta_t = \beta_0 - at + bt^2, \quad (14)$$

где β_t — коэффициент поглотительной способности данного вина к CO_2 при температуре $t^\circ\text{C}$; β_0 — коэффициент поглотительной способности вина к CO_2 при температуре 0°C ; a и b — эмпирические коэффициенты, зависящие от содержания в вине спирта и сахара.

Пример 23. Вычислить величину коэффициента β_t шампанского, содержащего спирта 12% об. и сахара 3 г на 100 мл, при температуре 15°C .

Находим в табл. 23 значения эмпирических коэффициентов β_0 , a и b для вина заданных кондиций: $\beta_0 = 1,502$, $a = 0,052$, $b = 0,00062$. Подставив эти значения в формулу (14), получим $\beta_{15} = 1,502 - 0,052 \cdot 15 + 0,00062 \cdot 225 = 0,86$.

Отчет

Отчет о проделанных работах должен содержать задание, краткое изложение поставленной цели и метода ее достижения с приведением расчетных формул.

Таблица 23. Значения коэффициентов β_0 , a и b для определения поглотительной способности вина к диоксиду углерода

Сахар, г на 100 мл	Содержание сахара, % об.											
	10			11			12			13		
	β_0	a	b	β_0	a	b	β_0	a	b	β_0	a	b
0	1,577	0,0536	0,00064	1,555	0,0539	0,00066	1,552	0,0536	0,00066	1,539	0,0530	0,00064
1	1,559	0,0530	0,00064	1,547	0,0530	0,00064	1,534	0,0526	0,00064	1,521	0,0521	0,00062
2	1,542	0,0524	0,00062	1,530	0,0522	0,00062	1,517	0,0520	0,00062	1,504	0,0510	0,00060
3	1,527	0,0520	0,00061	1,515	0,0520	0,00062	1,502	0,0520	0,00062	1,489	0,0510	0,00060
4	1,502	0,0510	0,00060	1,490	0,0510	0,00061	1,477	0,0509	0,00060	1,464	0,0502	0,00058
5	1,477	0,0500	0,00058	1,465	0,0500	0,00058	1,452	0,0498	0,00058	1,439	0,0493	0,00057
6	1,452	0,0496	0,00058	1,440	0,0495	0,00058	1,427	0,0493	0,00058	1,414	0,0486	0,00056
7	1,427	0,0486	0,00056	1,415	0,0485	0,00056	1,402	0,0483	0,00056	1,389	0,0477	0,00055
8	1,402	0,0476	0,00056	1,309	0,0478	0,00056	1,377	0,0476	0,00056	1,364	0,0469	0,00054
9	1,389	0,0462	0,00055	1,370	0,0473	0,00055	1,357	0,0470	0,00055	1,344	0,0465	0,00053
10	1,359	0,0460	0,00052	1,347	0,0462	0,00054	1,334	0,0460	0,00053	1,321	0,0454	0,00052
11	1,377	0,0454	0,00051	1,325	0,0453	0,00051	1,312	0,0450	0,00051	1,299	0,0444	0,00049

Основные результаты оформляются следующей таблицей.

№ образца	Спирт, % об.	Сахар, г на 100 мл	Эмпирические коэффициенты расчетной формулы			Температура, °С	Коэффициент поглотительной способности вина к CO_2		$\beta_1 - \beta_2$
			β_1	α	β		установленный аналитически (β_{11})	вычисленный по эмпирической формуле (β_{12})	

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Каждому студенту дается образец вина для аналитического определения величины поглотительной способности к CO_2 . Затем в этом же вине устанавливается содержание спирта и сахара (по усмотрению преподавателя содержание спирта и сахара в вине может быть дано студенту заранее) и с помощью формулы (14) вычисляется коэффициент β_1 . Студент сопоставляет результаты, полученные в опыте и найденные расчетом, и делает заключение.

Дополнительные задания. Сопоставление величин коэффициента β_1 , установленных в опыте и вычисленных по эмпирической формуле. Для выполнения этой работы в индивидуальном порядке или небольшим группам студентов выдаются белые и красные виноматериалы с различным содержанием сахара — от 0 до 10 г на 100 мл. Каждый студент в этих образцах определяет аналитически величину поглотительной способности к диоксиду углерода, а также содержание спирта и сахара.

Затем для всех образцов вычисляют величины β_1 и проводят их сопоставление с локальными и средними значениями, найденными аналитическим методом. Если к выполнению такой работы привлечено достаточно большое количество студентов, может быть проведена статистическая обработка полученных данных и оценена точность расчетного метода определения поглотительной способности к CO_2 виноматериалов различного типа (белых и красных) и различного состава по содержанию спирта и сахара.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимают под поглотительной способностью вина к диоксиду углерода?
2. Для чего нужно знать величину поглотительной способности вина к диоксиду углерода?
3. Что представляет собой коэффициент абсорбции Бунзена?
4. Как определяют величину коэффициента поглотительной способности вина к CO_2 аналитическим методом?
5. На чем основан расчетный метод определения коэффициента поглотительной способности вина к диоксиду углерода?
6. От чего зависит величина поглотительной способности вина к CO_2 ?

Пенообразующие свойства виноматериалов зависят от способности их вспениваться и от устойчивости образовавшейся пены. Пенообразующие свойства различных виноматериалов сильно варьируют в зависимости от сорта винограда, района, технологических воздействий и возраста вина. Поэтому в производстве игристых и газированных вин необходимо учитывать и контролировать эти свойства, особенно при составлении купажей и подготовке их к шампанизации или газированию.

Для характеристики пенообразующих свойств виноматериалов пользуются методами, основанными на регистрации кинетики разрушения определенного объема пены или на измерении устойчивости отдельных элементов пены (двусторонних пленок или пузырьков).

При регистрации кинетики пенообразования устанавливают средний объем пены, возникающей в результате прохождения газа через жидкость. Средний объем пены пропорционален скорости прохождения газа, а коэффициент пропорциональности F — постоянная величина, не зависящая от скорости потока газа, давления, аппаратуры и т. п., характерная для каждой пенообразующей жидкости. Коэффициент F характеризует среднюю продолжительность «жизни» газового пузырька в пене, имеет размерность в секундах и принимается в качестве единицы пенообразования.

При характеристике устойчивости отдельных элементов пены определяют время существования газовых пузырьков до момента их слияния (коалесценции) или время до разрыва двусторонней пленки жидкости τ .

РАБОТА № 19. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕНООБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ ВИНМАТЕРИАЛОВ

Характеристика пенообразующих свойств вина основана на измерении средней величины максимального объема пены, образующегося при барботировании вина диоксидом углерода в стандартных условиях. Для определения F предназначен прибор Думанского — Немцовой.

Прибор Думанского — Немцовой (рис. 7) состоит из сосуда 6 вместимостью 5—6 л для создания рабочего давления, градуированного цилиндрического аспиратора 5 на 150 мл, градуированного пеномера 3, в дно которого впаяна пористая стеклянная пластинка 1 (стеклянный фильтр № 3), ртутного U-образного манометра 7, насоса 8, кранов и соединительных трубок. Пеномер имеет диаметр 2,5 см и объем 160—180 мл. Он помещен в термостатическую ванну 2, в которой поддерживают постоянную температуру опыта с отклонениями $\pm 0,2^\circ \text{C}$. Аспиратор заполняют чистым диоксидом углерода (баллонный CO_2 промывают хромовой смесью и водой), а склянку 6 — затворной жидкостью, плохо поглощающей CO_2 (смесью насыщенных на холоде водных растворов суль-

фата и хлорида натрия). Пеномер 3 тщательно промывают хромовой смесью и в нерабочем положении хранят заполненным дистиллированной водой.

Перед началом работы все газовые пространства прибора вентилируют диоксидом углерода. Для этого из аспиратора вытесняют воздух в атмосферу, заполняя его затворной жидкостью, подаваемой из сосуда 6. Понизив давление в сосуде 6, в него возвращают жидкость из аспиратора, который при этом заполняют диоксидом углерода, подаваемым через кран 4. Затем CO_2 переводят из аспиратора в пеномер, предварительно промытый испытуемым вином. Эту операцию повторяют не менее трех раз для полного вытеснения из аппарата всего воздуха.

В пеномер вносят 40 мл исследуемого вина, которое затем насыщают при температуре опыта диоксидом углерода, подаваемым из аспиратора, многократно пропуская его снизу, через пористую пластинку 1.

В сосуде 6 насосом создают давление до 120 мм рт. ст. и одновременно включают секундомер. Вино при этом вспенивается. Когда пена достигнет постоянного уровня, на котором она некоторое время держится, делают несколько отсчетов объема пены через каждые 5—19 с. Затем ток газа прекращают, отмечая время от начала опыта и количество диоксида углерода, прошедшего за это время через вино. Расчет ведут по формуле $F = v_{\text{п}} \tau / v$, где $v_{\text{п}}$ — средний объем пены, мл; τ — время от начала опыта до прекращения тока диоксида углерода, с; v — объем диоксида углерода, прошедшего через вино за время τ , мл.

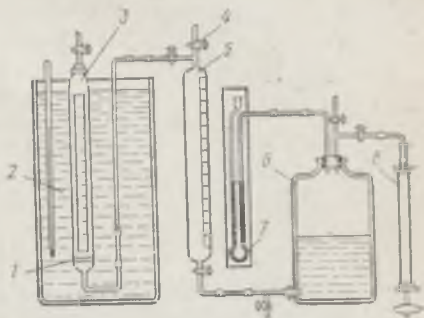


Рис. 7. Прибор Думанского — Немцовой для определения пенообразующих свойств виноматериалов.

РАБОТА № 20. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕНЫ ВИНА

Для определения устойчивости пены вина применяют метод Смирновой и Ребиндера, основанный на характеристике времени «жизни» двусторонней пленки (элемента пены), вытягиваемой из вина в газовую среду с постоянной скоростью в стандартных условиях. Критерием устойчивости пены является продолжительность существования двусторонней пленки τ (в с).

Этот метод применим к исследованию малоустойчивых систем с заменой прямых измерений времени существования пленок измерением наибольшей длины пленки L_m , вытягиваемой до разрыва

с постоянной скоростью. Сам принцип наблюдения пленок в динамических условиях характеризует элементарный акт образования и коалесценции пузырьков в пене. Величина τ не может заменить показатель пенообразующей способности вина F , характеризующий устойчивость пены в целом как структурированной системы.

Упрощенный прибор для определения устойчивости пены вина (рис. 8) состоит из цилиндрического сосуда 7 высотой 60 и диаметром 22 мм, соединительных трубок 3,

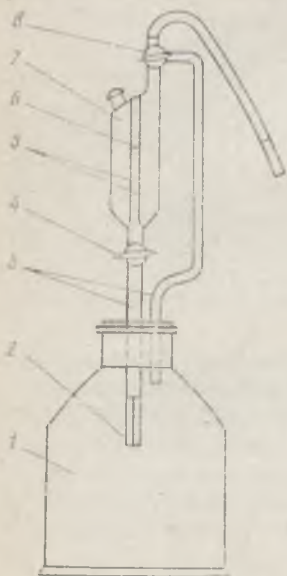


Рис. 8. Прибор Смирновой — Ребиндера (упрощенный) для определения устойчивости элементов пены.

капилляра 2 (длиной 21 мм с диаметром внутреннего канала 0,75 мм) и приемного сосуда 1. Вдоль оси сосуда 7 параллельно впаяны две платиновые проволочки 5 на расстоянии 4 мм одна от другой. Проволочки соединены платиновой перемычкой (стремячком) 6, расположенной на расстоянии 20 мм от верхней части сосуда 7. Прибор имеет два крана 4 и 8, предназначенных для включения его в действие или быстрого прекращения работы.

Исследуемое вино предварительно фильтруют через волокнистый асбест или плотный бумажный фильтр.

Отфильтрованное вино втягивают через капилляр 2 в сосуд 7 несколько выше крана 4.

Кран 8 закрывают и сосуд 7 окончательно заполняют вином через боковую горловину (выше перемычки проволочного контура 6 примерно на 1 см). Прибор плотно устанавливают резиновой пробкой в приемный сосуд 1 в вертикальном положении.

Температура вина, прибора и окружающего воздуха должна быть постоянна и близка к 20°С.

Определение проводят следующим образом. Открывают полностью кран 8. Жидкость при этом вытекает через капилляр 2 в приемный сосуд 1, и уровень вина в сосуде 7 медленно понижается.

В момент, когда нижний мениск жидкости коснется горизонтальной перемычки 6, включают секундомер и наблюдают за двусторонней пленкой вина, возникшей и растягивающейся в проволочном контуре.

В момент разрыва пленки секундомер выключают. Время «жизни» пленки τ записывают.

Определения повторяют для каждого образца вина не менее 10 раз и затем вычисляют среднюю арифметическую величину τ , которая является характеристикой устойчивости пены вина.

Отчет

Отчет о проделанных работах должен содержать задание, краткое изложение поставленной цели и методики ее достижения с приведением расчетных формул.

Основные результаты оформляются следующей таблицей:

№ образца вина	Температура, °С	Спирт, % об.	Сахар, г на 100 мл	F , с	τ , с	Примечание

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Каждый студент определяет показатель пенообразующих свойств методом Думанского — Немцовой и устойчивость пены упрощенным методом Смирновой — Ребиндера в образце вина, выданном преподавателем.

Дополнительные задания. Небольшим группам студентов выдается несколько образцов различных по составу белых и красных виноматериалов для определения показателей пенообразующих свойств F и устойчивости пены τ при различных уровнях температуры по указанию преподавателя.

На основании анализа полученных данных студенты выполняют следующие задания: 1 — устанавливают зависимость величин F и τ от температуры для виноматериалов различного типа и состава; 2 — сопоставляют величины F и τ для каждого виноматериала и для различных виноматериалов и делают заключение о наличии или отсутствии корреляционной зависимости этих величин; 3 — при достаточно большом количестве опытных данных, полученных группой студентов, вычисляют статистические характеристики и показатели точности величин F и τ для белых и красных виноматериалов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимают под пенообразующими свойствами вина?
2. Для чего необходимо знать пенообразующие свойства виноматериалов?
3. Что представляет собой показатель пенообразующих свойств вина и как его определяют?
4. Как характеризуют устойчивость пены вина?
5. От чего зависят пенообразующие свойства и устойчивость пены виноматериалов?

СОПРОТИВЛЕНИЕ ВИНА ВЫДЕЛЕНИЮ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

Сопротивление вина выделению диоксида углерода — условная технологическая величина, характеризующая способность вина удерживать растворенный CO_2 , т. е. выделять его с большей или

меньшей скоростью. От величины сопротивления вина выделению CO_2 зависят игристые свойства шампанизированных и газированных вин. При высоком сопротивлении вина выделению диоксида углерода обеспечиваются более благоприятные условия для формирования типичных свойств этих вин.

За меру сопротивления вина выделению диоксида углерода принято отношение объемов CO_2 , выделяющихся при одинаковых условиях из эталонной жидкости и из вина:

$$K = v_0/v, \quad (15)$$

где K — сопротивление вина выделению CO_2 — безразмерная величина; v_0 — объем CO_2 , приведенный к нормальным условиям, выделяющийся в данном приборе из эталонной жидкости, мл; v — то же из испытуемого вина, мл.

Величина K количественно характеризует комплекс факторов, влияющих на скорость десорбции CO_2 из данного вина.

В качестве эталонной жидкости для определения величины v_0 берут водный раствор этилового спирта с концентрацией, соответствующей его содержанию в вине. Для упрощения допустимо во всех случаях принимать концентрацию спирта 11% об., отвечающую его содержанию в шампанских виноматериалах и купажах. Тогда v_0 будет представлять собой константу данного прибора, определяемую только один раз и зависящую при постоянных физических условиях только от геометрических параметров прибора.

РАБОТА № 21. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВИНА ВЫДЕЛЕНИЮ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

Принадлежности к работе. Прибор для насыщения вина диоксидом углерода до равновесной концентрации CO_2 в вине, соответствующей атмосферному давлению, и последующей десорбции CO_2 из вина в стандартных условиях; прибор (эвдиометр) для регистрации объема диоксида углерода, выделяющегося из вина в результате десорбции в стандартных условиях.

Метод определения величины сопротивления вина выделению диоксида углерода K основан на количественной характеристике скорости десорбции CO_2 из вина в стандартных условиях. Десорбция происходит в результате динамического воздействия на определенный объем вина, предварительно насыщенного диоксидом углерода до равновесного состояния при барометрическом давлении и температуре опыта. Динамические воздействия осуществляются путем пропускания вина через калиброванный капилляр. Благодаря этому обеспечивается одинаковый для всех испытуемых образцов режим, поскольку плотность и вязкость различных виноматериалов, ассамбляжей и купажей имеют незначительные колебания.

В таких условиях величина сопротивления вина выделению CO_2 определяется только факторами, препятствующими десорбции CO_2 , т. е. в основном содержанием в вине поверхностно-активных веществ.

Прибор для определения сопротивления вина выделению CO_2 (рис. 9) состоит из двух основных частей: десорбциометра I и

эвдиометра 11. Десорбциометр предназначен для насыщения вина диоксидом углерода и проведения затем десорбции CO_2 из исследуемого вина в стандартных условиях. Эвдиометр служит для измерения объема газа, выделяющегося в процессе истечения вина через капилляр.

Десорбциометр 1 состоит из сосуда 3 для насыщения вина диоксидом углерода, внутри которого расположен барботер 4 с пористой стеклянной пластинкой (фильтр № 3). В верхней части десорбциометр имеет отводную трубку для подключения к эвдиометру и трубку 7 с краном 8 для соединения сосуда 3 с сосудом 10. Между этими сосудами помещен трехходовой кран 2, предназначенный для подачи жидкости через капилляр 9, а также, минуя капилляр, через отводную трубку 1. В нижней части сосуда 10 расположен кран 11, служащий для вытеснения из прибора воздуха вином, подаваемым из напорного резервуара, выпуска жидкости после окончания анализа и промывки прибора.

Эвдиометр 11 состоит из бюретки 13, объем отградуированной части которой равен 30 см^3 при цене деления $0,1 \text{ см}^3$. Нижняя часть бюретки впаяна в сосуд 12 для затворной жидкости. Сосуд 12 соединен с атмосферой при помощи трубки 16. В нижней части он имеет сливную трубку 17 с тройником и краном 18, предназначенными для заполнения эвдиометра затворной жидкостью из уравнительного сосуда 19 и слива ее избытка с постоянно фиксированного уровня в этот же сосуд во время работы прибора.

Для получения сопоставимых результатов необходимо обеспечить строго постоянные условия насыщения вина в приборе и десорбции из него CO_2 .

Прибор должен иметь стандартные размеры и калиброванный капилляр 9 с диаметром внутреннего канала 0,6 и длиной рабочей части 20 мм.

Перед очередными определениями прибор моют слабым раствором щелочи, хромовой смесью и окончательно промывают дистиллированной водой. Все краны, кроме трехходового крана 2, слегка смазывают вазелином, а кран 2 — испытуемым вином. Ка-

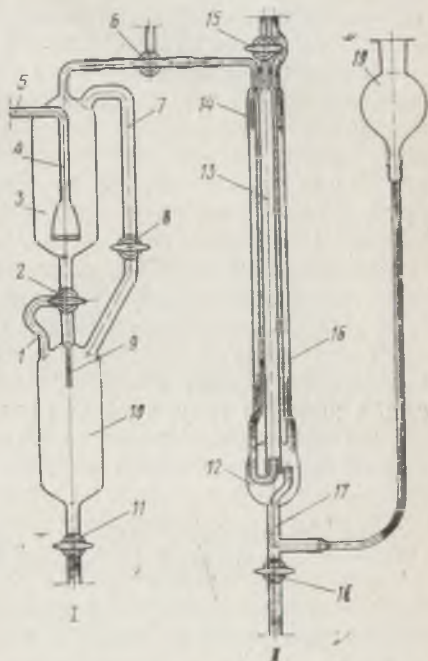


Рис. 9. Прибор для определения величины сопротивления вина выделению диоксида углерода.

пилляр 9 прочищают тонкой проволокой, вводя ее через отверстие крана 2 после удаления пробки.

Вино, подлежащее анализу, фильтруют через волокнистый асбест, помещенный на двойной слой фильтровальной бумаги. Асбест и бумагу предварительно промывают три раза горячей водой и затем вином.

В случае, если на анализ берут не виноматериал, а игристое вино, его предварительно дегазируют. С этой целью вино не менее 10 раз переливают из стакана в стакан и выдерживают 12 ч в сосуде, прикрытом бумагой, для выделения остатков CO_2 .

Анализ начинают с удаления из прибора диоксида углерода, оставшегося от предыдущего определения. Для этого конец трубки 5 закрывают резиновым колпачком и прибор заполняют исследуемым вином, подавая его через нижний кран 11 из напорного сосуда. После заполнения вином сосуда 10 и капилляра 9 трехходовой кран 2 ставят в такое положение, чтобы вино, поступая через трубку 1, полностью заполнило верхнюю часть сосуда 3. Затем, открывая кран 11, вино постепенно выпускают из прибора. После того, как уровень вина в сосуде 3 дойдет до метки, соответствующей 100 мл, кран 2 закрывают. Открывают кран 11 и все вино сливают из нижнего сосуда 10, который при этом заполняется воздухом, поступающим из атмосферы через трехходовой кран 6. После слива вина из сосуда 10 капилляр 9 и трубка, соединяющая кран 2 с капилляром, должны оставаться заполненными вином. Все краны прибора закрывают, изолируя нижний сосуд 10 от верхнего сосуда 3.

Трубку 5 десорбциометра (после снятия с нее колпачка) подсоединяют с помощью резиновой трубки через промывную склянку Тищенко, заполненную водой, к редуктору баллона с CO_2 . Перед подключением прибора промывную склянку и трубку освобождают от воздуха предварительной 5-минутной продувкой диоксидом углерода.

Насыщение вина диоксидом углерода проводят в течение 40 мин при температуре 20°C , регулируя скорость подачи газа с таким расчетом, чтобы в промывной склянке проходило 4—5 пузырьков в секунду. После насыщения вина десорбциометр 1 отключают от баллона и соединяют с эвдиометром 11 через кран 6. Бюретку 13 заполняют насыщенным на холоде раствором сульфата или хлорида натрия. Поднимая уравнильный сосуд 19, жидкость подводят к верхней (пулевой) метке бюретки 13. Кран 15 закрывают, а кран 18 открывают, после чего жидкость из трубок 14 и 16 стекает в уравнильный сосуд 19. В этот момент кран 6 должен соединять эвдиометр с атмосферой. Затем его ставят в положение, при котором десорбциометр 1 и эвдиометр 11 будут соединены друг с другом, но изолированы от атмосферы. Открывают кран 18 и трехходовым краном 2 сосуд 3 соединяют с капилляром 9. При этом вино начинает вытекать через капилляр в нижнюю часть прибора 10. Время вытекания вина регистрируют по секундомеру, выключая его в тот момент, когда из капилляра 9 упадет последняя капля.

По мере вытекания вина из него выделяется диоксид углерода, который поступает в бюретку 13 эвдиометра, а эквивалентное количество затворной жидкости вытекает в опущенный уравнительный сосуд 19. Показания бюретки записывают через 15—20 с после выключения секундомера (убеждаются в полном выделении всего CO_2). Температуру опыта фиксируют по термометру, подвешенному к бюретке, барометрическое давление — по ртутному барометру или anerоиду с ценой деления шкалы 0,5 мм рт. ст.

Для расчета результатов анализа объем CO_2 , выделившегося из вина в эвдиометр, приводят к нормальным условиям (температуре 0°C и давлению 760 мм рт. ст.). Величину показателя сопротивления вина выделению диоксида углерода K вычисляют по формуле (15).

Отчет

Отчет о проделанной работе включает описание цели и методики ее выполнения.

Основные результаты фиксируют в следующей таблице:

№ образца вина	Спирт, % об.	Сахар, г на 100 мл	Показатели (для шампанского)		Температура вина, $^\circ\text{C}$	Сопротивление вина выделе- нию CO_2 , K
			игристых свойств m	пенистых свойств n		

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Каждый студент индивидуально определяет величину сопротивления вина выделению диоксида углерода K в образце вина, выданном преподавателем.

Дополнительные задания. По заданию преподавателя студенты определяют величину K : одного и того же вина при различной температуре и устанавливают характер зависимости этой величины от температуры; нескольких образцов шампанских виноматериалов и виноматериалов для красных игристых вин, существенно различающихся по химическому составу; в одном и том же образце вина после добавления различных количеств этилового спирта и устанавливают зависимость показателя K от концентрации в вине спирта; в различных дегазированных игристых винах после характеристики их игристых и пенистых свойств и устанавливают наличие или отсутствие корреляции между сопротивлением вина выделению диоксида углерода и показателями его игристых m и пенистых n свойств. Сопоставляя величины K с величинами, характеризующими пенообразующие свойства F и устойчивость пены τ , полученными для одних и тех же шампанских виноматериалов, устанавливают наличие или отсутствие между этими величинами корреляционной зависимости.

1. Что понимают под сопротивлением вина выделению диоксида углерода?
2. Как выражают величину сопротивления вина выделению диоксида углерода?
3. На каком принципе основано определение величины сопротивления вина выделению диоксида углерода?
4. Как устроен прибор для определения сопротивления вина выделению диоксида углерода?
5. Как устанавливают постоянную прибора для определения сопротивления вина выделению диоксида углерода?
6. От чего зависит сопротивление вина выделению CO_2 ?
7. Что характеризует величина сопротивления вина выделению CO_2 ?

Глава II. КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

БРОЖЕНИЕ

В процессе сбраживания сусла на сухие вина периодически определяют температуру бродящего сусла и количество сброженных углеводов. Кроме того, при приготовлении высококачественных крепленых вин устанавливают так называемый «момент спиртования» т. е. момент, когда остаточное количество сахара таково, что при добавлении к бродящему суслу расчетного количества спирта получается крепленый виноматериал необходимых кондиций по сахаристости и спиртуозности.

Ход брожения сусла контролируют ареометрическим и рефрактометрическими методами.

РАБОТА № 22. КОНТРОЛЬ БРОЖЕНИЯ СУСЛА АРЕОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Принадлежности к работе. Ареометр; стеклянный цилиндр на 250 мл, не менее, имеющий диаметр на 2,0—2,5 см больше диаметра ареометра; термометр с ценой деления 0,1—0,2° С.

Метод основан на определении относительной плотности сусла до и во время брожения. Так как в процессе сбраживания углеводов образуется спирт, то плотность бродящего сусла всегда меньше плотности небродившего сусла. Зная плотность сусла до брожения и измеряя плотность бродящего сусла, по специальной таблице определяют количество образовавшегося спирта и несброженных углеводов.

Перед выполнением работы заранее ставят сусло на брожение. Через заданные периоды времени измеряют плотность бродящего сусла.

Перед измерением плотности ареометр, термометр и цилиндр промывают водой (лучше теплой) и сушат. Не следует касаться руками шейки высушенного ареометра.

Чистый и вытертый досуха ареометр берут двумя пальцами (указательным и большим) за верхний конец и осторожно опускают в исследуемую жидкость, не касаясь им стенок цилиндра, до

тех пор, пока ареометр не перестанет свободно погружаться под действием своей массы.

Если ареометр не придерживать при опускании в жидкость, то он по инерции погрузится глубже, что приведет к смачиванию шейки ареометра выше метки, отвечающей плотности исследуемой жидкости, и, следовательно, к заниженным показаниям. В таких случаях ареометр необходимо вынуть и, вытерев, опустить вновь в жидкость. Так же поступают и тогда, когда к ареометру прилипли пузырьки воздуха, из-за которых могут быть получены завышенные показания. Ареометр должен плавать по возможности в середине цилиндра, не касаясь его стенок, что достигается вертикальной установкой цилиндра.

Выждав 3—4 мин для того, чтобы температуры ареометра и жидкости сравнялись, снимают показания по нижнему краю мениска. Если уровень жидкости не совпадает ни с одним из штрихов шкалы, то определяют на глаз, какую часть деления следует прибавить к показанию соответствующего штриха, который находится непосредственно под уровнем жидкости.

При измерении относительной плотности темноокрашенного сусла отсчет ведут по верхнему краю мениска и к полученному результату прибавляют 0,002.

Определение относительной плотности желательно проводить при температуре исследуемой жидкости 20°С, так как ареометры, как правило, калибруются именно при этой температуре. При отклонении температуры от 20°С вводят поправку на каждый градус $\pm 0,002$. Если температура измеряемой жидкости ниже 20°С, рассчитанная поправка вычитается из показания ареометра, а если выше, то прибавляется.

Зная плотность исходного сусла и плотность бродящего сусла, по табл. 24 можно установить, сколько в бродящем сусле образовалось спирта и осталось углеводов.

Например, плотность исходного сусла равна 1,083. Плотность бродящего сусла равна 1,045. Разница плотностей составляет $1,083 - 1,045 = 0,038$, что по табл. 24 соответствует уменьшению сахаристости на 8,40% и содержанию в бродящем сусле 5,0% об. спирта.

РАБОТА № 23. КОНТРОЛЬ БРОЖЕНИЯ СУСЛА РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Метод основан на измерении коэффициента преломления сусла до брожения и во время брожения. Коэффициент преломления можно установить любым рефрактометром. Наибольшее распространение в производственных условиях получил сахарный рефрактометр.

Показание сахарной шкалы рефрактометра при брожении сусла изменяется в сторону уменьшения при определении сброженных углеводов и в сторону увеличения — при определении образовавшегося спирта. Алгебраическая сумма обоих изменений выражается разностью показаний сахарной шкалы от данной стадии брожения до последующей или до конца брожения.

Перед началом работы проверяют правильность показания рефрактометра путем установки нулевой точки (юстировки) при-

Таблица 24. Определение в бродящем сусле содержания спирта и выбродивших сахаров по разности плотностей сусла до начала брожения d_1 и в момент брожения d_2

$(d_1 - d_2) \times 1000$	Спирт, % об.	Сахар, г на 100 мл	$(d_1 - d_2) \times 1000$	Спирт, % об.	Сахар, г на 100 мл	$(d_1 - d_2) \times 1000$	Спирт, % об.	Сахар, г на 100 мл
1	0,15	0,20	34	4,45	7,55	67	8,80	14,85
2	0,25	0,45	35	4,60	7,75	68	8,90	15,05
3	0,40	0,65	36	4,70	7,95	69	9,05	15,80
4	0,50	0,90	37	4,85	8,20	70	9,15	15,50
5	0,65	1,10	38	5,00	8,40	71	9,30	15,70
6	0,80	1,35	39	5,10	8,65	72	9,45	15,95
7	0,90	1,55	40	5,25	8,85	73	9,55	16,15
8	1,05	1,55	41	5,35	9,10	74	9,70	16,40
9	1,20	2,75	42	5,50	9,30	75	9,85	16,60
10	1,30	2,00	43	5,65	9,50	76	9,95	16,85
11	1,45	2,20	44	5,75	9,75	77	10,10	17,05
12	1,55	2,64	45	5,90	9,95	78	10,20	17,25
13	1,70	2,90	46	6,05	10,20	79	10,35	17,50
14	1,85	3,10	47	6,15	10,40	80	10,50	17,70
15	1,95	3,30	48	6,30	10,65	81	10,60	17,95
16	2,10	3,55	49	6,40	10,85	82	10,75	18,15
17	2,25	3,75	50	6,55	11,05	83	10,85	18,40
18	2,34	4,00	51	6,70	11,30	84	11,00	18,60
19	2,50	4,20	52	6,80	11,50	85	11,15	18,80
20	2,60	4,45	53	6,95	11,75	86	11,25	19,05
21	2,75	4,65	54	7,05	11,95	87	11,40	19,25
22	2,90	4,85	55	7,20	12,20	88	11,50	19,50
23	3,00	5,10	56	7,35	12,40	89	11,65	19,70
24	3,15	5,30	57	7,45	12,60	90	11,80	19,95
25	3,30	5,55	58	7,60	12,85	91	11,90	20,15
26	3,40	5,75	59	7,75	13,05	92	12,05	20,35
27	3,55	6,00	60	7,85	13,30	93	12,20	20,60
28	3,65	6,20	61	8,00	13,50	94	12,30	20,80
29	3,80	6,40	62	8,10	13,75	95	12,45	21,05
30	3,95	6,65	63	8,25	13,95	96	12,60	21,25
31	4,05	6,85	64	8,40	14,15	97	12,70	21,45
32	4,20	7,10	65	8,50	14,40	98	12,85	21,70
33	4,30	7,30	66	8,65	14,60	99	12,95	21,90

бора по дистиллированной воде. Для этого 1—2 капли воды наносят стеклянной палочкой между двумя половинками камеры и устанавливают окуляр так, чтобы ясно была видна не только шкала, но и визирная линия. Рукоятку окуляра вращают, пока визирная линия не совпадет по шкале с линией раздела светлой и темной частей поля. При правильной установке прибора на нуль линия раздела при 20°С должна пройти нулевое деление шкалы сухих веществ и деление 1,333 коэффициентов преломления. При обнаружении отклонения отвинчивают пробку (в присутствии лаборанта!) и специальным ключом поворачивают головку стерженька, расположенную внутри корпуса, до полного совпадения линии раздела с нулевым делением шкалы. Установку нулевой точки следует проводить только при 20°С.

После проверки прибора открывают верхнюю половинку (призму) камеры, насухо вытирают обе поверхности призмы и наносят на нижнюю призму каплю испытуемого раствора. Опустив верхнюю половинку камеры и закрыв одно из окон призмы (если исследуемый раствор слабоокрашен, то закрывают нижнее окно), направляют зеркалом свет в открытое окно. Резкость линии раздела устанавливают компенсатором, а окуляр перемещают до тех пор, пока пунктирная линия не совпадет с линией раздела (границей света и тени), после чего отмечают показания сахарной шкалы рефрактометра.

Количество спирта, образовавшегося при брожении, вычисляют по формуле $A = (B_0 - B_1) \cdot 0,75$, где A — концентрация образовавшегося спирта, % об.; B_0 — показание сахарной шкалы при исследовании исходного (небродившего) сусла; B_1 — показание сахарной шкалы при исследовании бродящего сусла в момент определения; 0,75 — коэффициент пересчета.

Пример 24. С помощью рефрактометра получены следующие величины: $B_0 = 20,0$; $B_1 = 6,5$. Определить количество образовавшегося при брожении спирта.

$$A = (20,0 - 6,5) \cdot 0,75 = 10,12\% \text{ об.}$$

Количество выбродившего сахара определяют по формуле $C = A/0,6$, где C — количество выбродившего сахара, %; 0,6 — коэффициент пересчета (выход спирта из 1 кг сброженного сахара, л).

Из примера 24 следует, что к данному моменту выбродило $10,12/0,6 = 16,86\%$ сахара.

Отчет

Отчет о проделанных работах должен содержать цель и методику выполнения, основные теоретические положения и полученные студентом результаты.

Результаты измерений, полученных ареометрическим или рефрактометрическим методом, заносят в следующую таблицу:

Дата и время измерения	Температура, °С	Коэффициент рефракции	Показания сахарной шкалы	Содержание	
				сахара, %	спирта, % об.

На основании табличных данных строят график брожения, на котором показывают изменение температуры и концентрации сахара в сусле в процессе брожения.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Студенты проводят параллельные определения ареометром или рефрактометром концентрации сахара в бродящем виноградном сусле с одновременным измерением его

температуры. Периодичность и частоту замеров устанавливает преподаватель. На основании полученных данных студенты строят два графика брожения — по ареометрическим и рефрактометрическим определениям. Сопоставляя полученные графики, студенты делают заключение о ходе процесса брожения и степени согласования данных его контроля ареометрическим и рефрактометрическим методами.

Дополнительные задания. По индивидуальному заданию студент проводит расчет спиртования бродящего сусла и устанавливает момент спиртования по сахару — C_5 (см. главу VI), исходя из заданных преподавателем кондиций крепленого виноматериала, который необходимо получить в результате брожения и спиртования.

Определив начальное содержание сахара в полученном образце сусла, студент осуществляет контроль за ходом его брожения ареометрическим или рефрактометрическим методом и проводит спиртование, пользуясь данными своего расчета. В полученном крепленом виноматериале определяет содержание спирта и сахара и делает заключение о точности выполненной работы и источниках возможных ошибок.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимают под абсолютной и относительной плотностью и в каких единицах она выражается?
2. Какие факторы влияют на величину плотности сусла?
3. Какие методы применяют для определения плотности сусла?
4. На чем основан ареометрический метод определения плотности?
5. Как определяют плотность с помощью ареометра?
6. Что понимают под коэффициентом преломления (рефракции)?
7. Как определяют коэффициент преломления с помощью сахарного рефрактометра?
8. Как осуществляют контроль брожения и устанавливают момент спиртования ареометрическим и рефрактометрическими методами?
9. Сколько спирта образуется при сбраживании 1 кг инвертного сахара?

ОКЛЕЙКА ВИНМАТЕРИАЛОВ И ВИН

Для осветления и стабилизации вина применяют разнообразные органические и неорганические оклеивающие материалы. Выбор оклеивающих материалов зависит от целого ряда факторов: типа вина, его химического состава, природы и количества мутящих и нестойких веществ в вине. В связи с этим задача по подбору оклеивающего материала может быть решена только эмпирически, путем ряда проб.

При выполнении пробной оклейки выбирают тот вариант, который позволяет при достаточно хорошем эффекте осветления ограничиться минимальной дозой оклеивающих материалов.

Учитывают при этом и экономическую сторону: при прочих равных условиях выбирают менее дорогой, более доступный материал, обеспечивающий образование компактного осадка.

Принадлежности к работе. Пробирки, штатив для пробирок; пипетки мерные на 5—10 мл; набор оклеивающих материалов (рыбий клей, желатин, казеин, альбумин, яичный белок, бентонит и другие дисперсные материалы различных месторождений); мерная колба на 1 л.

Перед непосредственным выполнением работы готовят растворы и суспензии оклеивающих материалов.

Раствор желатина. Желатин (2,5 г) измельчают и замачивают в холодной воде (примерно 200 мл) в течение 3—4 ч. Набухший желатин нагревают на водяной бане до температуры 30—35°С и тщательно размешивают до полного растворения. К раствору приливают 120 мл ректификованного спирта крепостью 96% об., в котором предварительно растворяют 8 г винной кислоты. Смесь переносят в мерную колбу на 1 л, доводят водой до метки и тщательно перемешивают.

Раствор рыбьего клея. Пластины рыбьего клея расщепляют или нарезают на тонкие полоски. Отвешивают 2,5 г и замачивают в течение 24 ч, меняя воду 5—6 раз для удаления рыбьего запаха. Через сутки воду сливают, набухший клей разминают, протирают через густое шелковое или капроновое сито и постепенно приливают примерно 500 мл холодной воды, нагревают до 25°С и размешивают до полного растворения. Раствор переносят в мерную колбу на 1 л, добавляют 120 мл ректификованного спирта крепостью 96% об., в котором предварительно растворили 8 г винной кислоты, и доводят водой до метки.

Раствор казеина. Растворяют 100 г сухого казеина в 700 мл 1%-ного раствора гидроксида калия при температуре 30°С и доводят до 1 л тем же раствором. Перед использованием раствор разбавляют водой в 5 раз.

Раствор танина. Растворяют 2,5 г танина в 100 мл горячей (50—60°С) воды. После полного растворения добавляют 120 мл ректификованного спирта крепостью 96% об., перемешивают и доводят в мерной колбе до 1 л.

Суспензия бентонита. В литровый химический стакан помещают 100 г воздушно-сухого бентонита, заливают 200 мл горячей воды (75—80°С), перемешивают и оставляют для набухания на 24 ч. Набухшую массу бентонита размешивают, приливая постепенно 500—600 мл горячей воды, до получения однородной суспензии. Не переставая перемешивать, суспензию нагревают на электроплитке до кипения и кипятят 10 мин. После охлаждения ее переносят в мерную колбу на 1 л, доводят водой до метки и тщательно взбалтывают. Перед употреблением требуемый объем 10%-ной суспензии разбавляют равным объемом исследуемого вина.

Для выполнения работы в несколько пронумерованных пробирок вливают по 10 мл исследуемого вина и добавляют по 2—3 капли раствора оклеивающих материалов, а также их комбинации. Например, в первую пробирку добавляют желатин, во вторую — рыбий клей и т. д. После добавления оклеивающих материалов содержимое пробирок энергично взбалтывают и через некоторое время наблюдают образование хлопьев и осветление вина. Если в большинстве пробирок вино осветляется плохо, добавляют еще по 1—2 капли соответствующих растворов и повторно взбалтывают.

Для оклейки выбирают те материалы или комбинации материалов, которые обеспечили образование крупных хлопьев, хорошее и более быстрое осветление вина.

Производственный опыт показывает, что хороший результат осветления могут дать такие сочетания оклеивающих материалов, как желатин и бентонит, бентонит и палыгорскит, палыгорскит и гидрослюда.

Отчет

Отчет о проделанной работе содержит цель и методику выполнения, результаты исследования, краткое изложение работы, сопоставительную характеристику оклеивающих материалов, выводы о выборе оклеивающего материала для данного вина.

Результаты исследования записывают в таблицу:

№ пробирки	Оклеивающий материал	Доза раствора в каплях	Результат испытания

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Студент использует для выбора оклеивающих материалов рыбий клей, желатин, бентонит или другой дисперсный минерал.

Дополнительные задания. Студент выполняет работу, используя более широкий набор осветляющих материалов, применяя бентониты различных месторождений и другие минеральные сорбенты (каолин, кизельгур, гидрослюда, палыгорскит), яичный белок, казеин, а также различные комбинации (сочетания) материалов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать характеристику основных органических и неорганических оклеивающих материалов.
2. Какова техника приготовления растворов оклеивающих материалов?
3. На чем основан выбор материалов для оклейки вина?

РАБОТА № 25. ПРОВЕДЕНИЕ ПРОБНОЙ ОКЛЕЙКИ

Принадлежности к работе. Цилиндры на 100 и 250 мл; пипетки градуированные на 10 мл; 0,4 и 0,25%-ный растворы желатина; 0,25%-ный раствор рыбьего клея; 0,25%-ный раствор танина; 10%-ная суспензия бентонита.

Дозировки белковых и минеральных оклеивающих материалов определяют в каждом отдельном случае при помощи пробной оклейки. Правильная дозировка осветляющих материалов во многом определяет успешное завершение обработки вина. Малые дозы не обеспечивают полного осветления и стабилизации вина. Избыток белковых материалов может явиться причиной повторных помутнений (явление переоклейки). Завышение дозы минерального адсорбента приводит к повышенному расходу материала и, главное, увеличению потерь вина с осадками.

Из практики известны пределы дозировок отдельных оклеивающих материалов и адсорбентов: дозы рыбьего клея для обработки белых столовых вин составляют от 1,2 до 2,5 г/гЛ, желатина — от 2,0 до 8 г/гЛ; для оклейки красных вин желатина расходуют

больше — 8—15 г/г; бентониты применяют в основном для обработки ординарных вин из расчета 2—10 г/л. Эти данные позволяют ориентировочно наметить диапазон шкалы дозировок при пробной обработке.

Пробная оклейка одним материалом

Десять цилиндров нумеруют и в случае необходимости наносят на них метку на уровне 200 мл. Во все цилиндры наливают по 200 мл необработанного вина и добавляют из градуированной пипетки раствор или суспензию выбранного оклеивающего материала в возрастающих дозах. В табл. 25 приведены примеры доз некоторых материалов для пробной обработки (в миллилитрах на 200 мл вина). После внесения раствора (суспензии) содержимое цилиндров энергично взбалтывают, закрыв горловину цилиндра пробкой, и оставляют в покое на 1—2 сут. Затем визуально определяют, в каком цилиндре лучше проявился эффект осветления при наименьшей дозе оклеивающего материала или адсорбента.

Таблица 25. Дозы оклеивающих материалов для пробной обработки виноматериала

Раствор (суспензия)	Номер цилиндра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рыбий клей (0,25%-ный)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Желатин (0,4%-ный)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Бентонит (5%-ный)	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0

В белые столовые вина с малым содержанием фенольных веществ перед введением желатина или рыбьего клея вносят танин из расчета $\frac{2}{3}$ от массы клея.

Рассчитанное на одну пробную обработку количество 10%-ной суспензии бентонита разбавляют исследуемым вином в 2 раза.

Пробная оклейка при совместном использовании двух материалов

Устанавливают 16 цилиндров в 4 ряда по 4 в ряду. На каждом цилиндре проставляют номер из двух цифр, обозначающих его место в продольном и поперечном рядах (I—1, III—2, IV—4 и т. д.). Во все цилиндры вливают по 200 мл необработанного вина и затем добавляют растворы оклеивающих материалов. Растворы вносят таким образом, что в цилиндрах каждого продольного ряда доза первого материала остается постоянной, а второго — изменяется. В поперечных рядах доза второго материала постоянна, а первого — изменяется.

В табл. 26 дан пример дозировок при совместной обработке виноматериала желатином и бентонитом. Сначала во все цилиндры вводят раствор желатина. Цилиндры взбалтывают, через 2—3 ч

добавляют суспензию бентонита и взбалтывают повторно, после чего оставляют в покое на 1—2 сут. По истечении срока определяют лучший вариант дозировки — хорошее осветление при минимальной дозе оклеивающего материала.

Примечание. Дозировки как одного, так и другого материала можно изменять, сохраняя схему. Например, можно повысить дозы суспензии бентонита в поперечных рядах: 2; 4; 6; 8 мл. В испытании может быть использовано одновременно 25 цилиндров, что позволит увеличить диапазон дозирования.

Т а б л и ц а 26. Дозы оклеивающих материалов при совместной обработке виноматериала желатином и бентонитом

Номер цилиндра в продольном ряду	Номер цилиндра в поперечном ряду			
	1	2	3	4
I	$\frac{0,5}{1,0}$	$\frac{0,5}{1,5}$	$\frac{0,5}{2,0}$	$\frac{0,5}{3,0}$
II	$\frac{1,0}{1,0}$	$\frac{1,0}{1,5}$	$\frac{1,0}{2,0}$	$\frac{1,0}{3,0}$
III	$\frac{1,5}{1,0}$	$\frac{1,5}{1,5}$	$\frac{1,5}{2,0}$	$\frac{1,5}{3,0}$
IV	$\frac{2,0}{1,0}$	$\frac{2,0}{1,5}$	$\frac{2,0}{2,0}$	$\frac{2,0}{3,0}$

Примечание. В числителе приведено количество вводимого раствора желатина (в мл), в знаменателе — бентонита (в мл).

По данным пробной оклейки рассчитывают количество воздушно-сухого осветляющего материала m (в г), необходимого для обработки 1 дал вина: $m = nC \cdot 0,5$, где n — количество раствора (суспензии), мл; C — концентрация раствора (суспензии), %; 0,5 — коэффициент пересчета.

Отчет

Отчет о проделанной работе включает краткое изложение работы, запись установленных дозировок оклеивающих материалов в виде таблицы, вывод о выборе оптимальной дозировки и расчет количества сухого материала.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Студент выполняет пробную оклейку одним или двумя материалами, определяет оптимальную их дозировку и рассчитывает потребное количество материалов для обработки заданного объема вина.

Дополнительные задания. Студент для выполнения пробной оклейки использует два типа вина (сухое и десертное, крепкие виноградное и плодово-ягодное и др.). Устанавливает дозировки оклеивающих материалов для исследуемых образцов вин и объясняет причины их различия.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему дозировки оклеивающих материалов и адсорбентов определяют опытными пробами?
2. Как проводят пробную обработку одним и двумя оклеивающими материалами?
3. Как рассчитать по результатам пробной оклейки количество сухого материала для обработки определенного объема вина?

РАБОТА № 26. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДОЗИРОВКИ ФЛОКУЛЯНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ВИНА БЕНТОНИТОМ

Принадлежности к работе. Мерная колба на 200 мл; цилиндры стеклянные с меткой на 200 мл; пипетки градуированные на 10 мл; весы технические с разновесами.

При обработке вина бентонитом сорбция белковых веществ частицами бентонита происходит быстро — за время перемешивания. Поэтому время контакта бентонита с вином при коагуляции и седиментации на результаты осветления уже не влияет и может быть сокращено без ущерба для эффективности обработки.

Для ускорения этой фазы осветления вина применяют флокулянты — высокомолекулярные полиэлектролиты, способные агрегатировать осадки бентонита. В винодельческом производстве для ускорения осаждения частиц бентонита нашел применение полиакриламид (ПАА).

Дозы ПАА составляют в среднем от 0,1 до 0,8% от количества вносимого в вино бентонита (в зависимости от степени гидролиза полимера). Действие флокулянта полностью проявляется при правильной его дозировке. Недостаток флокулянта не обеспечивает агрегатирования всех частиц бентонита. Избыток ПАА приводит к образованию в вине сплошной сетки ассоциированных молекул полимера, которая удерживает в неподвижном состоянии взвешенные частицы, затрудняет их коагуляцию и мешает образованию крупных агрегатов.

На винодельческие предприятия ПАА поставляется в виде геля с концентрацией полимера 8—10%. При хранении концентрация может изменяться в результате гидролиза ПАА. Поэтому оптимальную дозировку ПАА устанавливают в каждом случае путем пробной обработки.

Для приготовления 0,5%-ного раствора флокулянта берут навеску его в зависимости от содержания ПАА в геле. Например, при содержании ПАА в геле 10% для приготовления 200 мл раствора отвешивают 1 г геля. Навеску помещают в мерную колбу, приливают 120—150 мл дистиллированной воды, нагретой до 60°С,

и размешивают до полного растворения полимера. Раствор охлаждают до 20°С и доводят водой до метки. Раствор можно хранить не более трех дней при температуре не выше 20°С.

Перед использованием раствор разбавляют в 10 раз (до концентрации 0,05%).

Для выполнения работы в ряд пронумерованных цилиндров (5—10 шт.) приливают по 200 мл вина, добавляют предварительно установленное количество суспензии бентонита и взбалтывают. Затем во все цилиндры (кроме первого) добавляют увеличивающиеся на 0,5 мг/л дозы 0,05%-ного раствора ПАА. Первый цилиндр является контрольным.

Оптимальную дозу ПАА определяют, наблюдая скорость и полноту осветления вина в цилиндрах.

Отчет

Отчет о проделанной работе включает краткое описание работы, результаты определения и подсчет количества ПАА для обработки указанного преподавателем объема вина.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Студент устанавливает оптимальную дозировку ПАА при обработке вина бентонитом. Дозировку бентонита определяет при выполнении работы № 25.

Дополнительные задания. Определив оптимальную дозировку ПАА, студент обрабатывает исследуемое вино в двух вариантах: бентонитом и бентонитом с ПАА. Во время отстаивания исследует кинетику осветления вина и сопоставляет время, расходуемое на обработку с применением и без применения ПАА.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается действие флокулянтов, используемых при обработке вина бентонитом?
2. Какие флокулянты применяются в виноделии?
3. Каковы средние дозировки флокулянтов?
4. Как определяют дозировки флокулянтов и от чего они зависят?

РАБОТА № 27. СОПОСТАВИТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНЫХ ОКЛЕИВАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Принадлежности к работе. Мерные цилиндры на 500 мл; пипетки градуированные на 10 мл; колбы конические на 50 мл; приспособление для фильтрования; нефелометр; фотоэлектроколориметр; баня водяная; термометр технический на 100°С; набор осветляющих материалов.

Сопоставительная технологическая характеристика различных средств осветления вина дает возможность правильно оценить эффективность их применения для данного вина.

В качестве показателей технологической характеристики отдельных материалов могут служить скорость и степень осветления

вина, количество осадка, розливостойкость осветленного вина. Для шампанских виноматериалов необходимо включать показатели, отражающие влияние осветляющих материалов на игристые и пенные свойства.

Для выполнения работы необработанное вино разливают в цилиндры по 500 мл. Для каждого материала готовят по 2 цилиндра. Затем в соответствующие пары цилиндров вводят растворы (суспензии) осветляющих материалов в количествах, предварительно установленных пробной оклейкой. После введения осветлителей содержимое цилиндров энергично взбалтывают. Первые цилиндры каждого варианта служат для исследования кинетики осветления. Вторые цилиндры оставляют в покое до полного оседания осадка и используют для определения объема осадка, розливостойкости вина и других показателей в соответствии с методикой.

Кинетику осветления характеризуют по изменению мутности осветляемого вина. Для этой цели нефелометрируют исходное вино и пробы, отбираемые из цилиндров через определенные промежутки времени (1, 2, 3, 4 и затем каждые 24 ч) после начала осветления.

Пробы отбирают с одного уровня — $\frac{1}{2}$ высоты столба вина в цилиндре — в количестве, обеспечивающем заполнение кюветы нефелометра (примерно 20 мл). Погружать пипетку и отбирать пробу следует плавно, стараясь не взмутить уже осевшие осадки.

Результаты определения мутности в абсолютных или относительных величинах и время осветления фиксируют.

Осветлившийся виноматериал из второго цилиндра отделяют от осадка декантацией и замеряют его объем. Количество жидкого осадка определяют по разности $V_o = 500 - V_v$, где V_o и V_v — объемы осадка и осветленного вина.

Жидкий осадок из цилиндра количественно переносят в центрифужные пробирки, ополаскивая цилиндр точно измеренным количеством осветленного вина, и центрифугируют 10 мин при частоте вращения ротора 3000 об/мин. Количество вина, содержащегося в гуще и извлеченного из нее, определяют, вычитая из объема фугата объем вина на ополаскивание цилиндра.

Степень осветления выражают отношением мутности необработанного вина $M_{исх}$ к мутности осветленного $M_{осв}$. В качестве $M_{осв}$ используют последнее измерение мутности при определении кинетики осветления.

Поскольку при обработке осветляющими материалами повышается в основном стабильность вина к белковым помутнениям, в качестве пробы на розливостойкость используют нагревание вина. По 100 мл исходного вина и такое же количество каждого варианта осветленного фильтруют через бумажный фильтр до полной прозрачности. По 50 мл фильтрата от каждой пробы помещают в коническую колбу, нагревают до 70°C , выдерживают 10 мин и охлаждают до комнатной температуры. Затем все пробы (прогретые и нет) нефелометрируют, результаты определений фиксируют.

Отчет о проделанной работе включает краткое изложение работы, записи результатов определений и расчетных величин, построение графиков кинетики осветления в координатах: мутность M и время τ .

Задания для самостоятельной проработки

Работу выполняют 2—4 студента. Используя ранее установленные для данного вина оптимальные дозировки, студенты обрабатывают вино различными осветляющими материалами и проводят их сопоставительную технологическую оценку.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. По каким показателям оценивают осветляющее действие материалов?
2. Как зависит кинетика осветления вина от применяемого осветляющего материала?
3. Какие свойства материалов оказывают влияние на количество осадков?

РАБОТА № 28. ПРОВЕДЕНИЕ ПРОБНОЙ ДЕМЕТАЛЛИЗАЦИИ ВИН

Принадлежности к работе. Пробирки, штатив для пробирок, микробюретка с ценой деления 0,01 мл, пипетки градуированные на 10 мл, воронки, фильтровальная бумага, 0,5%-ный водный раствор гексациано-(II)-феррата калия (ЖКС); 0,25%-ный раствор танина, 0,25%-ный раствор желатина, 2 н. раствор соляной кислоты, насыщенный раствор железоаммонийных квасцов (около 15% при 15° С).

Раствор ЖКС должен храниться в сосуде, покрытом непрозрачным материалом (черной бумагой, фольгой и др.). Рабочий раствор 1 г гексациано-(III)-феррата калия (ЖКС) и 1 г ЖКС в 20 мл воды хранится в склянке оранжевого стекла не более 15 сут с момента приготовления.

Из содержащихся в вине минеральных веществ наибольшее технологическое значение имеют тяжелые металлы (Fe, Cu, Mn и др.). Избыток этих металлов в вине при определенных условиях может послужить причиной помутнения (железный и медный кассы). Для предотвращения помутнения проводят деметаллизацию вина, в основном при помощи гексациано-(II)-феррата калия (ЖКС), который связывает в нерастворимые комплексы и выводит в осадок Fe, Cu, Al, Zn.

Кроме ЖКС для деметаллизации вина используют фитин (смесь кальциевых и магниевых солей различных инозитфосфорных кислот), двуводную тринатриевую соль нитрилотриметилфосфоновой кислоты (НТФ), трилон Б (натриевую соль этилендиаминтетрауксусной кислоты). Дозировки фитина, НТФ и трилона Б рассчитывают, исходя из содержания железа, определяемого аналитически. Дозировку ЖКС определяют пробной обработкой.

Пробная обработка вина ЖКС проводится в два этапа. Сначала проводят предварительное испытание, в результате которого уточняют необходимость обработки и интервал для точного определения дозировки ЖКС.

Предварительное испытание. В пять пробирок отмеряют точно по 10 мл испытуемого вина и добавляют в них из микробюретки последовательно 0,05, 0,10, 0,15, 0,20 и 0,25 мл 0,5%-ного раствора ЖКС. Затем в каждую пробирку вводят по 1 мл раствора танина и после взбалтывания содержимого пробирок — по 1 мл раствора желатина. Пробирки повторно взбалтывают и оставляют в покое на 20—30 мин. После оседания осадка обработанное вино фильтруют через гладкий бумажный фильтр. Для этого в пять чистых пробирок устанавливают небольшие воронки с фильтрами и одновременно проводят фильтрование всех проб вина. Приблизительно половину фильтрата из каждой пробирки отливают в другую группу пробирок, поставленных в тот же штатив рядом с первой группой. В первую группу пробирок с фильтратом добавляют по 1 мл раствора соляной кислоты и по одной капле раствора ККС и ЖКС. Появление синего или зеленого окрашивания указывает на то, что при испытании удалены не все ионы тяжелых металлов. Отсутствие окраски указывает на полное удаление металлов или даже на избыток ЖКС, который обнаруживается во второй группе пробирок. В эти пробирки добавляют по 1 мл соляной кислоты и по 1 капле раствора железоаммонийных квасцов. Появление синей окраски свидетельствует об избытке ЖКС. Окончательное заключение о наличии избытка соли делают через 10—20 мин, рассматривая пробирки сверху на белом фоне.

По изменению окраски в обеих группах пробирок судят об интервале, в котором находится дозировка ЖКС, обеспечивающая удаление ионов тяжелых металлов и гарантирующая от избытка соли в обработанном вине.

Например, окраска появилась в первых двух пробирках первой группы и в последних двух пробирках второй. Это значит, что дозировки 0,05 и 0,10 мл не обеспечивают полного удаления металлов, а 0,20 и 0,25 мл — избыточны. Следовательно, искомая дозировка лежит в интервале 0,10—0,15 мл.

Если ни в одной из пробирок второй группы окраска не проявилась, то предварительное испытание повторяют при более высоких дозировках.

Главное испытание. Методика проведения главного испытания та же, что и для предварительного, и отличается только дозами раствора ЖКС. Дозы берутся с интервалами 0,01 и 0,02 мл в пределах, установленных предварительным испытанием. В нашем примере эти дозы составляют 0,11, 0,12, 0,13, 0,14 и 0,15 мл.

По результатам главного испытания с помощью табл. 27 находят необходимую для обработки вина дозировку ЖКС (в г/дал) и пересчитывают ее на весь объем обрабатываемого вина.

Отчет

Отчет о работе включает краткое описание испытаний вина ЖКС с уравнениями реакций, проходящих при обработке, результаты предварительного и главного испытаний, расчет необходимого количества ЖКС для обработки заданного преподавателем объема вина.

Т а б л и ц а 27. Определение дозировки ЖКС

Установленное пробной обработкой потребное количество ЖКС, мл	Содержание катионов тяжелых металлов (в пересчете на трехвалентное железо) в вине, мг/л	Доза ЖКС для полного удаления катионов тяжелых металлов, г/дл	Доза ЖКС для произвольной обработки испытуемого вина, г/дл	Установленное пробной обработкой потребное количество ЖКС, мл	Содержание катионов тяжелых металлов (в пересчете на трехвалентное железо) в вине, мг/л	Доза ЖКС для полного удаления катионов тяжелых металлов, г/дл	Доза ЖКС для произвольной обработки испытуемого вина, г/дл
0,01	0,9	0,05	—	0,26	22,9	1,30	1,17
0,02	1,8	0,10	—	0,27	23,8	1,35	1,21
0,03	2,6	0,15	—	0,28	24,7	1,40	1,26
0,04	3,5	0,20	0,16	0,29	25,6	1,45	1,30
0,05	4,4	0,25	0,22	0,30	26,4	1,50	1,35
0,06	5,3	0,30	0,27	0,31	27,3	1,55	1,39
0,07	6,2	0,35	0,31	0,32	28,2	1,60	1,44
0,08	7,1	0,40	0,36	0,33	29,1	1,65	1,48
0,09	7,9	0,45	0,40	0,34	30,0	1,70	1,53
0,10	8,8	0,50	0,45	0,35	30,9	1,75	1,57
0,11	9,7	0,55	0,49	0,36	31,8	1,80	1,62
0,12	10,6	0,60	0,54	0,37	32,6	1,85	1,66
0,13	11,5	0,65	0,59	0,38	33,5	1,90	1,71
0,14	12,3	0,70	0,63	0,39	34,4	1,95	1,75
0,15	13,2	0,75	0,67	0,40	35,3	2,00	1,80
0,16	14,1	0,80	0,72	0,41	36,2	2,05	1,84
0,17	15,0	0,85	0,76	0,42	37,0	2,10	1,89
0,18	15,9	0,90	0,81	0,43	37,9	2,15	1,93
0,19	16,7	0,95	0,85	0,44	38,8	2,20	1,98
0,20	17,6	1,00	0,90	0,45	39,7	2,25	2,02
0,21	18,5	1,05	0,95	0,46	40,6	2,30	2,07
0,22	19,4	1,10	0,99	0,47	41,5	2,35	2,11
0,23	20,3	1,15	1,03	0,48	42,3	2,40	2,16
0,24	21,2	1,20	1,08	0,49	43,2	2,45	2,20
0,25	22,0	1,25	1,12	0,50	44,1	2,50	2,25

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Студент выполняет предварительное и главное испытания и находит дозировку гексационно-(II)-феррата калия (ЖКС) для демееталлизации исследуемого вина.

Дополнительные задания. Студент устанавливает дозировку ЖКС, обрабатывает исследуемое вино, сопровождая демееталлизацию оклейкой растворами желатина, рыбьего клея, танина, бентонита и других минеральных сорбентов. Пробу обработанного вина после фильтрации подвергает испытанию на стойкость против железного касса. Проведя такое же испытание с исходным вином, студент делает заключение об эффективности обработки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково предельно допустимое содержание железа и меди в винах?
2. Почему дозировку ЖКС можно определить только пробной обработкой?
3. Напишите уравнения реакций взаимодействия ЖКС с гидроксидом железа (II) и (III), медью?
4. Как влияет на обработку вина ЖКС кислотность вина?
5. Почему обработанное вино не должно содержать избытка ЖКС и остатка берлинской лазури?

ФИЛЬТРАЦИЯ И ДРУГИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОБРАБОТКИ ВИНА

Вино, прошедшее полный цикл технологических обработок и предназначенное к выпуску, должно обладать кристальной прозрачностью и иметь соответствующую типу окраску.

Прозрачность вина является одним из основных качественных показателей таких технологических процессов, как оклейка, фильтрация и др.

Для объективной оценки прозрачности вина используют нефелометрию. Так как вино представляет собой оптически неоднородную среду, способную рассеивать свет, при определенной величине и концентрации содержащихся в вине частиц рассеивание света становится заметным, т. е. появляется мутность. Количественной характеристикой мутности служит коэффициент экстинкции τ , определяемый по уравнению $\tau = l^{-1} \ln(I_0/I)$, где l — толщина слоя среды, см; I_0 и I — интенсивность светового луча до и после прохождения через слой среды толщиной l см.

Для измерения мутности используют специальные приборы — нефелометры, в которых на окуляр попадает рассеянный свет, направленный под углом 90° к пучку падающего света. Кроме того, могут быть применены фотоэлектрические колориметры, в которых предусмотрены приспособления для использования их в качестве нефелометров.

Мутность определяют в абсолютных единицах (см^{-1}) или относительных. Одной из таких оценок может служить оптическая плотность исследуемого вина, замеренная по отношению к тому же вину, очищенному от муты.

При технологических обработках меняется и окраска вина. Для объективной оценки окраски вина определяют величину поглощения вином света в различных участках видимой части спектра. Количественной характеристикой интенсивности окраски является коэффициент экстинкции.

Цветовой тон характеризуют по величине оптической плотности в определенных областях длин световых волн, соответствующих максимуму светопоглощения для данного типа вина. У красных вин наблюдаются два максимума — при длине волн 420 и 520 нм. Максимум поглощения при 420 нм обуславливают продукты конденсации фенольных веществ, придающие старым красным винам коричневый оттенок. Ярко-красный тон, свойственный молодым

винам, обуславливают антоцианы, имеющие максимум поглощения при 520 нм.

Интенсивность окраски красных вин характеризуют по сумме оптических плотностей: $U = D_{420} + D_{520}$.

Для оценки цвета красных вин применяют также условный показатель T : $T = D_{420}/D_{520}$.

РАБОТА № 29. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЗРАЧНОСТИ ВИНА

Принадлежности к работе. Нефелометр; прибор для фильтрации; мерные цилиндры на 100 мл; набор фильтрующих материалов (бумага, асбест, фильтр-картон различных марок и др.).

Для исследования изменения прозрачности вино фильтруют на специальном приборе. Прибор (рис. 10) состоит из фильтровальной ячейки 2 и напорного сосуда 5, соединенных резиновой трубкой 3 и укрепленных на штативе 1. В случае использования намываемых фильтрующих материалов (асбест и др.) устанавливают механическую мешалку 6. Подачу вина регулируют зажимом 4.

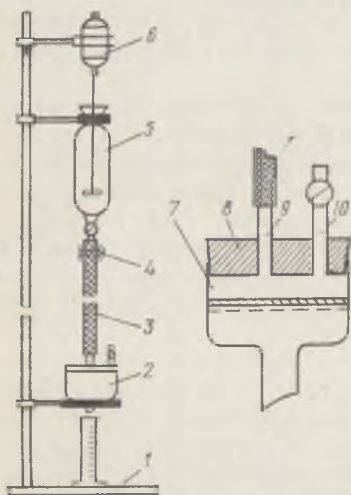


Рис. 10. Прибор для фильтрации вина.

Фильтровальная ячейка представляет собой воронку Бюхнера 7 с пробкой 8, в которую вставлены трубки для подачи вина 9 и отвода воздуха из камеры 10. На перфорированное дно воронки укладывают инертную к вину металлическую или капроновую сетку с ячейками 0,5 мм или фильтровальную ткань.

Высоту расположения напорного сосуда меняют в зависимости от требуемого давления (напора).

Для выполнения работы из фильтровальной бумаги или картона вырезают диск и укладывают его в фильтровальную ячейку 2 на сетку. Ячейку плотно закрывают пробкой. В напорный сосуд 5 заливают 500 мл нефильтрованного вина. Постепенно отпуская зажим 4 на шланге и открыв кран на воздушной трубке 10, заполняют винном камеру ячейки. Затем закрывают воздушник, полностью отпуская зажим 4, и начинают фильтрацию. Фильтрат собирают в мерные цилиндры порциями по 50 или 100 мл. Исходное вино и пробы нефелометрируют.

При исследовании намываемых материалов необходимую навеску материала добавляют в вино, залитое в напорный сосуд 5, и включают мешалку 6. Фильтрацию проводят так же, как описано выше. До полного перенесения фильтрующего материала на сетку первые пробы вина после нефелометрирования возвращают в на-

порный сосуд. По окончании намыва фильтра исследование проводят по описанной методике.

Результаты нефелометрирования всех проб заносят в рабочий журнал.

Отчет

Отчет о проделанной работе включает краткое ее описание, характеристику фильтрующего материала, запись результатов нефелометрирования проб вина, построение графиков изменения мутности вина в процессе фильтрации.

Результаты записывают в следующую таблицу:

Наименование фильтрующего материала	Номера проб							
	1	2	3	4	5	6	7	8

График изменения мутности вина строят, откладывая по оси абсцисс объем профильтрованного вина, а по оси ординат — величину мутности.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Студент проводит контроль качества фильтрации одной пробы вина, используя разные фильтрующие материалы по указанию преподавателя, и определяет изменение прозрачности пробы.

Дополнительные задания. По заданию преподавателя студент исследует в процессе фильтрации изменение прозрачности различных проб вина: необработанного и обработанного (нагреванием, охлаждением, оклейкой бентонитом и др.). Сопоставляя графики изменения мутности вина, делает заключение о влиянии обработок на его фильтрацию.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое мутность и на чем основана ее характеристика?
2. На каком принципе основана работа нефелометра?
3. Какие фильтрующие материалы используют в виноделии?

РАБОТА № 30. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОКРАСКИ ВИНА

Принадлежности к работе. Фотоэлектроколориметр; установка для фильтрации; набор фильтрующих материалов; колбы на 100 и 250 мл; цилиндр мерный на 500 мл.

Фильтруют красное вино, используя фильтрующие материалы, различающиеся по способности сорбировать красящие вещества.

Пробы профильтрованного вина фотометрируют при светофильтрах с максимумом светопропускания (420 и 520 нм). Результаты определений заносят в таблицу и рассчитывают показатели U и T .

Отчет

Отчет о проделанной работе содержит краткое описание работы и заключение о влиянии обработки на окраску вина.

Результаты записывают в следующую таблицу:

№ опыта	Условия обработки вина	D_{420}	D_{520}	U	T

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Студент определяет оптическую плотность и рассчитывает показатели U и T красного вина, профильтрованного через фильтровальную бумагу, асбест и кизельгур. По полученным результатам делает заключение о влиянии фильтрующего материала на окраску вина.

Дополнительные задания. Для определения интенсивности окраски студент использует образцы красного или белого вина, подвергавшегося тепловой обработке в одном или нескольких режимах. Сопоставляя полученные данные с результатами фотометрирования исходного вина, устанавливает влияние тепловой обработки на окраску вина.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое оптическая плотность и коэффициент экстинкции?
2. При каких значениях длин световых волн определяют оптическую плотность, характеризующую интенсивность окраски вин?
3. Какие технологические обработки влияют на окраску вина?

ВЫДЕРЖКА

В процессе выдержки виноматериалов изменяется содержание в них кислорода в связи с хемосорбцией его компонентами вина. При выдержке и хранении игристых и газированных вин может уменьшаться давление в бутылках за счет утечки диоксида углерода через неплотности пробки. В результате окислительных и микробиологических процессов часть веществ переходит в нерастворимое состояние и вина мутнеют. В связи с этим в процессе выдержки периодически определяют содержание в вине кислорода, изменение давления в шампанских бутылках, исследуют вина на склонность к помутнениям физико-химической и биологической природы.

Одними из наиболее важных в технологии виноделия являются окислительно-восстановительные реакции. В них вовлекаются практически все группы веществ вина: углеводы, фенольные соединения, азотистые вещества, органические кислоты. Эти реакции протекают главным образом в период созревания вина и связаны с поглощением кислорода воздуха. Потребность в кислороде у разных вин существенно различается, и технолог стремится в одних случаях сдерживать окислительные процессы, в других — интенсифицировать их, иногда в очень сильной степени. Степень окисленности является ведущим признаком, определяющим тип вина. Это обуславливает необходимость регулирования окислительно-восстановительных процессов, дозирования и контроля поступления кислорода в вино.

Растворимость кислорода в винах зависит от трех факторов: температуры, спиртуозности и экстрактивности, и в пределе (при полном насыщении) составляет 8—10 мг/л. В вине большая часть кислорода находится в молекулярной форме, меньшая — в виде сильных окислителей: окисных ионов тяжелых металлов и органических перекисей.

Для определения содержания кислорода в продуктах виноделия применяется несколько аналитических методов. Ниже приведены два наиболее распространенных из них — индигометрический и полярографический. Кроме того, для определения предельного содержания кислорода в винах применяется расчетный метод.

Индигометрический метод

Принадлежности к работе. Баллон с химически чистым азотом, снабженный редуктором; фотоэлектротитриметр; оксиприбор; приспособление для обескислороживания азота; склянка Тищенко (в качестве гидрозатвора); пипетки на 20 и 10 мл; трубка для опорожнения реакционного стакана; раствор индигокармина (0,5 г препарата растворяют в 1 л дистиллированной воды, после чего обязательно устанавливают титр краски. На 50 мл краски и 20 мл 10%-ного раствора сульфатной кислоты идет около 1 мл 0,1 н. раствора перманганата калия); 0,02—0,04 н. раствор гидросульфита (готовится непосредственно в аппарате); буферный раствор с pH 7,0 (в 1 л дистиллированной воды растворяют 3,35 г KH_2PO_4 и 15,0 г Na_2HPO_4); щелочной раствор (в 1 л дистиллированной воды растворяют 330 г КОН и вносят раствор в приспособление для обескислороживания азота); порошок пирогаллала.

Метод основан на способности восстановленной (бесцветной) лейкоформы индигокармина окисляться молекулярным и связанным кислородом вина с переходом в окрашенную форму.

Восстановление окрашенной формы индигокармина и кислорода вина проводится гидросульфитом в нейтральных условиях среды по следующим схемам: $2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{NaHSO}_3$ или $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHSO}_4 + \text{NaHSO}_3$. Для восстановления 1 мг кислорода необходимо 5,5—11,0 мг гидросульфита, т. е. в реакции отсутствуют четкие стехиометрические соотношения.

Реакция проводится в специальном оксиприборе. Оксиприбор (рис. 11) состоит из реакционного стакана 28, помещенного в камеру 30 фотоэлектротитриметра 35, среднего 24 и верхнего 16 сосудов с кранами 25 и 17, а также мерной микробюретки 19 с ценой деления 0,05 мл. Эти емкости плотно закрыты резиновыми пробками 26, 9 и 12 с отверстиями. Через одни из них проходят трубки: длинные 29, 23 и 11, имеющие краны 6, 20 и 13, сообщаются с газоподводящей коммуникацией, а короткие, снабженные кранами 27, 22 и 15, — с газоотводящей. Другие отверстия (7, 21 и 14) у стакана и сосудов — свободные. Они предназначены для введения соответствующих реактивов или пробы и закрываются стеклянными втулками.

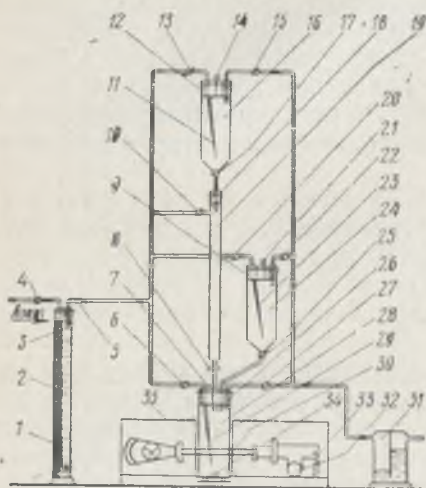


Рис. 11. Оксиприбор с приставкой для очистки инертного газа.

Пробка 26 реакционного стакана 28 имеет еще два отверстия: центральное для микробюретки 19 и боковое для патрубка среднего сосуда 24. В отверстие пробки 18 мерной бюретки вставлена нижняя часть верхнего сосуда 16.

На газоподводящей коммуникации имеется приспособление для очистки азота от примеси кислорода. Оно представляет собой вертикальный цилиндр 2 диаметром 30—40 мм и высотой 400—500 мм. Цилиндр герметизируется пробкой с двумя отверстиями, через которые проходят две трубки: короткая 3 оканчивается у нижнего торца пробки, длинная 1 доходит до дна цилиндра и оканчивается мелкопористой перегородкой (фильтр № 4). Наружный конец длинной трубки 1 соединяется через кран 4 с редуктором, а короткой 3 через кран 5 — с газоподводящей коммуникацией оксиприбора. В конце газоотводящей коммуникации прибора имеется гидрозатвор 31, в качестве которого служит склянка Тищенко.

Перед непосредственным выполнением работы готовят приспособление для очистки баллонного азота от примеси кислорода. Пробку с трубками 1 и 3 слегка приподнимают и сдвигают в сторону. Цилиндр 2 примерно на 80% заполняют 33%-ным раствором КОН, на поверхность которого насыпают порошок пирогаллола из расчета 5—10 г на 100 мл, после чего приспособление герметизируют. Длинную трубку 1 присоединяют к редуктору баллона с азотом, короткую 3 — к газоподводящей системе прибора. Открывают краны 6, 20, 23, 27, 22, 15 и 10 на подводящей и отводящей газовых коммуникациях. В гидрозатвор 31 на высоту 30—40 мм наливают дистиллированную воду.

Регулировочным краном редуктора подают азот из баллона со скоростью 5—7 пузырьков в 1 с, которую устанавливают в гидрозатворе 31. Освобождение всех коммуникаций и самого прибора от воздуха проводят в течение 20 мин. Далее перекрывают газоподводящие краны 6 и 20 реакционного стакана 28 и среднего сосуда 24, ток азота уменьшают до 3 пузырьков в 1 с.

В верхнем сосуде 16 готовят раствор гидросульфита натрия. В него вносят 80 мл дистиллированной воды и 20 мл буферного раствора, после чего отверстие 14 в пробке 12 закрывают и содержимое сосуда 16 обескислороживают током азота в течение 15 мин. В отверстие 14 с помощью воронки вносят 180—200 мг порошка гидросульфита натрия, смывая его в сосуд 16 небольшим количеством дистиллированной воды. Отверстие 14 вновь закрывают и раствор дополнительно барботируют азотом 5 мин, обеспечивая полное растворение и тщательное перемешивание гидросульфита натрия.

Раствор гидросульфита переводят в мерную бюретку 19, открывая кран 17 верхнего сосуда 16. Носик бюретки заполняют предварительно. Содержимое бюретки через кран 8 сливают в реакционный стакан примерно на 80%, после чего ее заполняют вновь.

Опорожняют реакционный стакан 28. Для этого в свободное отверстие 7 пробки 26 стакана вставляют специальную стеклянную трубочку с оттянутым концом, доходящую до дна стакана. Открывают газоподводящий кран 6 и перекрывают газоотводящий 27. В стакане 28 создается небольшое давление, под действием которого его содержимое удаляется. После этого трубку извлекают, а кран 27 на газоотводящем патрубке стакана 28 вновь открывают.

Приступают к проведению основного анализа. В подготовленный реакционный стакан 28 пипеткой вводят по 20 мл раствора индигокармина и буфера, при этом окошки в камере фотоэлектротитриметра 30 должны полностью перекрываться слоем введенной смеси. Отверстие 7 в пробке 26 стакана герметизируют и током азота жидкость обескислороживают в течение 15 мин. Окрашенный индигокармин титруют из микробюретки 19 гидросульфитом при включенной электромагнитной мешалке 34. Регистрация изменяющегося при этом светового потока осуществляется по микроамперметру 32.

Первые порции титранта не вызывают заметного изменения окраски и, следовательно, спектральных свойств титруемой смеси, поэтому стрелка микроамперметра 32 продолжает оставаться неподвижной. Дальнейшее прибавление гидросульфита приводит к постепенному изменению цвета индигокармина и уменьшению его светопоглощения. Интенсивность пучка света, проходящего через титруемую жидкость и падающего на фотосопротивление, непрерывно растет, и стрелка микроамперметра 32 сдвигается вправо.

Во время анализа возникает необходимость перемещать стрелку микроамперметра 32. Это осуществляется с помощью реостатного компенсатора 33.

Титрование прекращают, когда достигается максимальный световой поток, что устанавливают по окончании передвижения стрелки микроамперметра при последующем добавлении некоторого избытка гидросульфита натрия. Его количество фиксируют.

К бесцветной жидкости в реакционный стакан 28 осторожно приливают пипеткой 20 мл испытуемого вина (красного — 10 мл), избегая обогащения его кислородом или, наоборот, его потери. При этом О—В-индикатор синее, отчего светопропускание соответственно снижается. Эту окраску устраняют приливанием гидросульфита, количество которого фиксируют.

Для определения содержания связанного кислорода в средний сосуд 24 приливают пипеткой 20 мл испытуемого вина (красного — 10 мл). Отверстие 21 в пробке 9 перекрывают, а подводящий и отводящий газ краны 20, 22, наоборот, открывают. Током азота в течение 15 мин из вина удаляют растворенный кислород, после чего содержимое среднего сосуда 24 через его патрубков с краном 25 переливают в реакционный стакан 28. Бесцветная смесь при этом окрашивается пропорционально содержанию в вине связанного кислорода. Окрашивание устраняют титрованием из микробюретки 19, фиксируя количество пошедшего на титрование гидросульфита.

При обработке результатов анализа исходят из следующего. Перманганат окисляет окрашенную форму индигокармина более глубоко, чем кислород воздуха, обесцвечивая его до желтой окраски. При этом на одну молекулу краски расходуется 1 атом кислорода, т. е. 1 мл-экв краски соответствует 8 мг кислорода, а 1 мл 0,1 н. раствора перманганата, используемого при титровании, эквивалентен 0,8 мг кислорода. Поэтому, если на 50 мл краски расходуется a мл 0,1 н. раствора перманганата, то в 1 л краски содержится $0,8 a \cdot 1000/50 = 16 a$ мг кислорода. Следовательно, способность лейкоформы окисляться на воздухе ограничена $16 a$ мг/л O_2 .

С вином же в бесцветный индигокармин кислород вносится в меньших количествах и при титровании на него расходуется пропорционально меньше гидросульфита натрия (коэффициент b), чем на такой же объем индигокармина, окисленного воздухом (коэффициент C).

Общее содержание кислорода в вине определяется по формуле $O_x = 16 ab/C$.

Количество молекулярного кислорода O_p устанавливают по разности определений общего O_x и связанного O_c .

Полярографический метод

Принадлежности к работе. Первичный прибор — электролитическая ячейка (датчик) и камера для вина; вторичный прибор — аккумулятор на 1—3 В, сопротивление на 10 000 Ом, вольтметр на 1—3 В, микроамперметр с ценой деления $1 \cdot 10^{-7}$ А, два переключателя и набор электропроводов; номограмма предельных значений диффузионного тока и концентрации кислорода в винах при разных температурах; аммиачный раствор Na_2SO_3 (в 100 мл дистиллированной воды растворяют около 100 мг соли, к раствору добавляют 3—4 капли концентрированного NH_3); 0,1 М раствор KCl ; 0,01 М раствор KOH .

Метод основан на измерении электрического тока, возникающего при восстановлении растворенного кислорода на платиновом катоде при постоянном потенциале от 0,5 до 0,7 В. Анодом служит неполяризуемый хлорсеребряный электрод. Оба электрода и электролит (0,1 М КСl + 0,01 М КОН, pH 12) заключены в ячейку с тонкой мембраной, через которую диффундирует из вина анализируемый кислород. Метод реализуется в приборе, состоящем из двух основных частей.

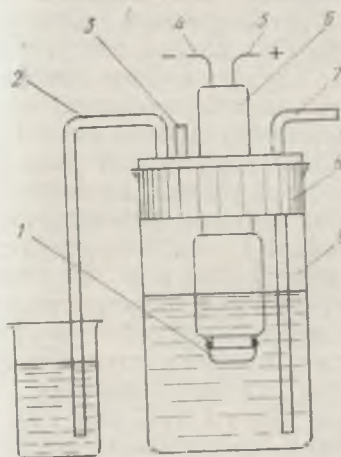


Рис. 12. Первичный прибор для определения содержания растворенного кислорода в вине.

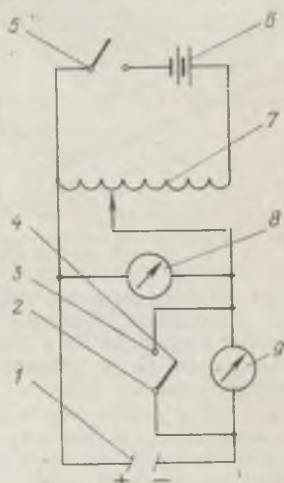


Рис. 13. Электрическая схема полярографического анализатора растворенного кислорода (вторичного прибора).

Первичный прибор (рис. 12) состоит из электролитической ячейки (датчика) 6 и камеры для протока анализируемого вина 9. Камера выполнена из стекла и закрывается резиновой пробкой 8 с отверстиями, куда плотно вставляются электролитическая ячейка с электродами 4 и 5 и стеклянные трубки 2, 3 и 7. Через патрубков 7 анализируемое вино подается непосредственно к мембране 1 датчика 6, через трубку 2 вино выводится из ячейки.

Вторичный прибор (рис. 13) состоит из источника напряжения 6 на 1,3 В, соединенного ключом 5 с сопротивлением 7 на 10 000 Ом. С помощью рукоятки этого сопротивления на вольтметре 8 устанавливается необходимое рабочее напряжение (0,6 В). Ключ 2 служит для включения (положение 4) и отключения (положение 3) микроамперметра 9 на $1 \cdot 10^{-7}$ А от электролитической ячейки.

Прежде чем приступить к измерениям, из электролита в ячейке путем электролиза удаляют растворенный кислород. Для этого камеру 9 (см. рис. 12) с ячейкой 6 заполняют «нулевым» аммиачным раствором сульфита натрия, способным обескислороживаться благодаря реакции O_2 с SO_3^{2-} , а ячейку 1 (см. рис. 13) подклю-

чают к клеммам вторичного прибора. Штекер со знаком «+» вводят в гнездо с «+», а со знаком «-» — в гнездо с «-». На вольтметре 8 устанавливают напряжение 0,6 В, что соответствует плато восстановления O_2 от 0,5 до 0,7 В, и ключ 2 переводят из положения 3 в положение 4. Предварительный электролиз заканчивают, когда остаточный ток при нахождении ячейки в «нулевом» растворе понизится до $1 \cdot 10^{-7}$ А. Если при электролизе сила тока не снижается, это свидетельствует об оставшихся в электролите ячейки пузырьках воздуха. В таком случае ячейку необходимо перезарядить, добившись полного удаления пузырьков воздуха.

Для проведения измерений ключ 2 переводят в положение 3, чтобы не повредить высокочувствительный микроамперметр 9. Камеру 9 (см. рис. 12) освобождают от «нулевого» раствора; через нее пропускают 4—5 объемов вина и измеряют его температуру. Затем приостанавливают поток вина, ключ 2 (см. рис. 13) переводят в положение 4 и, выждав 10 мин, с помощью микроамперметра 9 измеряют диффузионный ток датчика i_D .

Исследуемое вино многократно переливают, до предела насыщая его атмосферным кислородом (абсолютное парциальное давление O_2 в растворе 0,021 МПа). При той же температуре измеряют аналогично предельное значение диффузионного тока насыщения I_D .

Величина измеряемого в ячейке диффузионного тока i_D прямо пропорциональна парциальному давлению кислорода в исследуемом вине. Но при любой степени насыщенности (например, предельной) парциальное давление зависит только от температуры, а содержание кислорода, кроме того, — от состава (типа) вина. Причем для одной и той же температуры и разной степени насыщенности отношение содержания O_2 к его парциальному давлению в вине остается постоянным, т. е. соблюдается равенство $C_x/i_D = C_0/I_D$. Отсюда содержание молекулярного O_2 в вине определяется по формуле $C_x = C_0 i_D / I_D$.

В расчетах удобно пользоваться предельными значениями концентрации кислорода C_0 и диффузионного тока I_D . Обе величины можно найти по номограмме (рис. 14) в зависимости от температуры вина.

При отсутствии номограммы или для сопоставления данных I_D измеряют, как описано выше, а C_0 устанавливают расчетным пу-

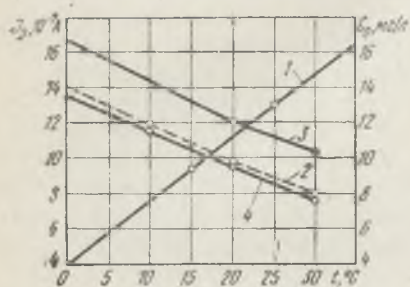


Рис. 14. Номограмма для определения предельных значений концентрации кислорода C_0 и диффузионного тока I_D в зависимости от температуры:

1 — I_D в любом вине; 2 — C_0 в белом сухом вине; 3 — C_0 в красном вине сахаристостью 0—8%; 4 — C_0 в красном вине сахаристостью 8—18%.

тем по эмпирической формуле: $C_0 = a + bt$, где t — температура вина в пределах 5—35°C; a и b — эмпирические коэффициенты, зависящие от содержания в вине спирта и сахара, берутся из следующей таблицы:

Вино	Спирт, % об.	Сахар, г на 100 мл	a	b
Сухое	10—11	—	13,8	—0,185
Типа мадеры и хереса	16—19	3—4	13,1	—0,185
Типа портвейна	17—19	7—10	12,6	—0,185
Десертное	16	16	10,9	—0,155

Отчет

Отчет о проделанной работе содержит описание цели и методики ее проведения, необходимые расчеты.

При проведении работы индигометрическим методом результаты записываются в следующую таблицу:

Наименование пробы	Количество перманганата, эквивалентное 50 мл индигокармина, мл	Количество гидросульфита натрия (в мл), окисленного		
		окрашенным индигокармином	молекулярным и связанным кислородом вина	связанным кислородом вина

При исследовании вина полярографическим методом форма записи результатов следующая:

Наименование пробы	Температура вина, °C	Значение диффузионного тока, $1 \cdot 10^{-7}$ А	
		I_D	I_D

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Определить содержание кислорода в вине индигометрическим и полярографическим методами (для определения используют вино любого типа известного состава; вино для анализа отбирают непосредственно из бутылки сразу после ее разгерметизации).

Дополнительные задания. 1 — определить предельные концентрации кислорода и диффузионный ток в винах разных типов и при различных температурах (для работы выбирают вина, существенно различающиеся по содержанию спирта и экстракта, например

сухие столовые белые и красные или шампанские виноматериалы и портвейны, температуры должны варьировать в пределах 20—60°С); 2 — изучить динамику потребления кислорода в винах разных типов (вина насыщают кислородом до предельного содержания и помещают в стеклянные сосуды, которые плотно укупоривают. В каждом сосуде содержание кислорода индигометрическим методом определяют однократно, в камере с ячейкой — многократно. Задание можно усложнить путем исследования влияния на скорость потребления кислорода сульфитной и аскорбиновой кислот и гидросульфита натрия. В этом случае рекомендуются следующие дозировки (в мг/л): диоксида серы — 200, аскорбиновой кислоты — 50 и 100, гидросульфита — 30); 3 — изучить динамику обескислороживания вина разными способами: биологическим, путем длительной выдержки и барботированием инертными газами (в последнем случае можно провести сопоставительное обескислороживание диоксидом углерода, азотом и водородом и показать, что водород не является для вина восстановителем); 4 — изучить влияние деме­тализации вина на предельное содержание в нем связанных форм кислорода (образцы подвергают деме­тализации различной степени и выдерживают в аэробных условиях около недели, после чего в них определяют содержание связанного кислорода); 5 — изучить динамику обогащения вина кислородом при различных технологических операциях.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В каких формах кислород содержится в вине и какую роль он играет в технологии вина?
2. На чем основаны индигометрический и полярографический методы определения содержания кислорода в винах?
3. Какие концентрации имеют растворы индигокармина и гидросульфита натрия и почему?
4. Назначение буферного раствора, его pH.
5. Как реагируют окрашенный индигокармин с перманганатом, каковы их соотношения в реакции?
6. На чем основана очистка баллонного азота от примеси кислорода и как она проводится?
7. Как устроен оксиприбор, каково назначение его основных конструктивных элементов, и в частности гидрозатвора?
8. Как устроены электролитическая ячейка, камера для протока вина и вторичный прибор?
9. От чего зависят сила диффузионного тока и концентрация растворенного в вине кислорода?
10. Как меняется соотношение C/I_D у вин одного состава (или разного) при различной степени насыщения их O_2 , в зависимости от температуры?
11. Какими методами можно определить предельные значения диффузионного тока и содержания кислорода в вине?

РАБОТА № 32. КОНТРОЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В БУТЫЛКАХ С ШАМПАНСКИМ

Принадлежности к работе. Афрометр для определения давления в бутылках, укупоренных корковыми пробками; афрометр для определения давления в бутылках, укупоренных полимерными пробками или кронен-пробками; термостат для выдержки бутылок с шампанским при различной температуре в пределах

20—40° С; холодильник для выдержки бутылок с шампанским при температуре 10° С; термометр с ценой деления 0,5° С.

Давление в укупоренных бутылках с игристыми или газированными винами зависит от концентрации CO_2 в вине и упругости паров вина при данной температуре. Величина равновесного давления диоксида углерода в герметизированной шампанской бутылке после повышения или понижения температуры от начальной t_1 до конечной постоянной t_2 может быть вычислена по уравнению

$$p_2 = p_1 (\beta_1 V_1 + v_1) / (\beta_2 V_2 + v_2), \quad (16)$$

где p_1 и p_2 , β_1 и β_2 — соответственно величины давления и коэффициенты абсорбции CO_2 вином при температурах t_1 и t_2 ; V_1 , V_2 и v_1 , v_2 — соответственно объемы вина и газовой камеры сосуда при температурах t_1 и t_2 .

В уравнении (16) не учтено термическое расширение вина, влияние которого на величину p замкнутой системы вино — CO_2 несущественно.

Объем газовой камеры v_2 составляет всего 1—2% от общего объема бутылки, поэтому в большинстве случаев для технологических расчетов допустима следующая упрощенная формула:

$$p_2 = p_1 \beta_1 \beta_2. \quad (17)$$

Для определения давления в газовых камерах шампанских бутылок пользуются афрометрами. Афрометр состоит из двух основных частей: пружинного манометра и прокалывающего приспособления с полый трубкой (зонда), которую вводят в газовую камеру бутылки. Объем внутреннего канала трубки не превышает 0,5 см³.

Существует несколько различных типов афрометров. Наиболее распространенные афрометры (рис. 15) состоят из корпуса 2, нижняя часть которого представляет собой зонд 3 с открытым отверстием в нижней части. В это отверстие вставляют заостренный штифт 4, прокалывающий пробку при введении зонда в бутылку. После прокалывания пробки штифт падает на дно бутылки и отверстие открывается. В верхнюю часть корпуса 2 ввинчен пружинный манометр 1, рассчитанный на давление 0,6—0,8 МПа, с ценой деления, не превышающей 0,01 МПа.

При измерении давления в бутылке, укупоренной корковой пробкой, сначала срезают половину головки пробки, поверхность трубки зонда смазывают тонким слоем вазелина, осторожно прокалывают пробку насквозь, вводя конец трубки зонда в газовую камеру бутылки. После выпадения штифта и установления стрелки манометра на постоянной метке шкалы записывают давление.

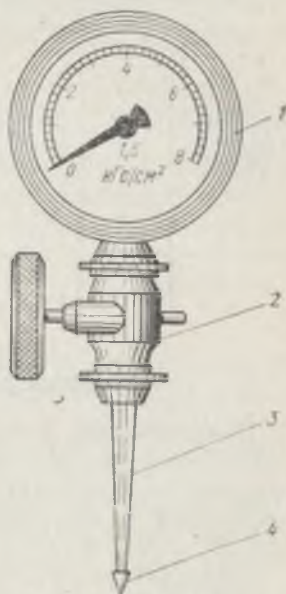


Рис. 15. Афрометр.

Перед измерением давления температуру бутылки приводят к постоянной величине. Для этого бутылку выдерживают в термостате при заданной температуре не менее 3 ч. Если бутылка длительное время находилась в помещении с постоянной температурой, то измеряют температуру воздуха в непосредственной близости от бутылки.

Измеренное афрометром давление приводят к постоянной температуре 10 или 20°С. Для этого пользуются формулой (17) или таблицей (ГОСТ 12258—79).

Для измерения давления в бутылках, укупоренных полимерными пробками, пользуются афрометрами, зонд которых имеет больший внешний диаметр (6—7 мм) при том же малом внутреннем. В бутылках, укупоренных кронен-пробкой, давление измеряют специальными афрометрами.

Отчет

Отчет о проделанной работе включает описание цели и методики выполнения с приведением необходимых расчетных формул. Форма записи результатов следующая:

Название образца шампанс- кого	Спирт, % об.	Сахар, г на 100 мл	Коэффициент погло- тительной способности вина к CO ₂		Температура вина, °С	Равновесное давление, МПа		
			вычисленный	найденный по таблице		измеренное афрометром	вычисленное	найденное по таблице

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Студент измеряет афрометром равновесное давление в бутылке с игристым или газированным вином при заданной преподавателем температуре или при температуре помещения. Затем измеренное давление приводит к температуре 10 или 20°С, пользуясь таблицами или формулой (17).

Дополнительные задания. По заданию преподавателя студент измеряет равновесное давление в шампанской бутылке при различной температуре. Зная содержание в вине спирта и сахара, находит по таблице или вычисляет по формуле (14) значения коэффициентов поглощательной способности вина к CO₂ для заданных температур. С помощью формул (16) и (17) рассчитывает величины давления для этих температур, а также находит их в таблице. Сопоставляя величины давления, установленные в опыте, с вычисленными по формулам и найденными в таблице, делает заключение о точности формул и табличных данных.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. От чего зависит давление в бутылке с игристым вином?
2. Как и с какой точностью измеряют давление в шампанских бутылках?
3. На чем основано приведение величины измеренного давления шампанского к давлению при постоянной температуре?
4. Как пользоваться расчетными формулами и таблицей для приведения измеренного давления шампанского к давлению при постоянной температуре?
5. Что понимают под равновесным максимальным давлением системы вино — CO_2 ?
6. Что понимают под абсолютным и избыточным давлением?

РАБОТА № 33. ИССЛЕДОВАНИЕ ВИН НА СКЛОННОСТЬ К ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ ПОМУТНЕНИЯМ

Принадлежности к работе. Колбы конические на 100 мл; цилиндры мерные на 100 и 200 мл; баня водяная; термометр технический на 100°C ; нефелометр; микроскоп; шпатель и петля для прокаливания; газовая или спиртовая горелка; воронки для фильтрации; 3%-ный раствор пероксида водорода, лимонная кислота; 2-, 10%-ная и концентрированная соляная кислота; концентрированная сульфатная кислота; 0,5%-ный раствор гексациано-(II)-феррата калия (ЖКС).

Основными типами физико-химических помутнений виноградных и плодово-ягодных вин являются коллоидные (в том числе белковые) и кристаллические, а также вызываемые пороками вина (кассами).

Белковые помутнения образуются в результате денатурации и коагуляции протеинов, в основном при повышении температуры вина.

Вино может помутнеть также при охлаждении до температуры ниже 0°C . Если такое вино при последующем повышении температуры вновь осветлилось, то это указывает на обратимое коллоидное помутнение.

Помутнение кристаллического характера также проявляется при охлаждении вина до минусовой температуры, но при последующем нагревании вина оно не устраняется.

Повышенное содержание в вине металлов, фосфора, серы, оксидов может привести в определенных условиях к образованию осадков в результате взаимодействия железа с фосфорной кислотой, фенольными веществами, меди — с сульфитными соединениями и т. п. (образование кассов).

Исследование вина на склонность к физико-химическим помутнениям заключается в создании условий, провоцирующих и стимулирующих возникновение тех или иных помутнений. Это исследование, дополненное изучением состава осадков, позволяет обоснованно наметить технологическую схему обработки, обеспечивающую достижение стабильности вина.

Подготавливая вино к исследованию, его фильтруют через фильтровальную бумагу, покрытую слоем измельченной фильтровальной массы (0,5 г на 100 мл вина). Фильтрующий материал предварительно промывают 2%-ным раствором соляной кислоты и затем горячей водой до нейтральной реакции. Непосредственно после фильтрации измеряют мутность вина на нефелометре.

Для исследования осадков нефилльтрованное вино центрифугируют 5 мин при частоте вращения ротора 3000 об/мин или 10 мин при частоте 1500 об/мин. В зависимости от степени мутности на центрифугирование отбирают 50 или 100 мл вина. Фугат сливают, а осадок промывают небольшим количеством спирта (20—30 мл).

ИСПЫТАНИЯ ВИНА НА СКЛОННОСТЬ К ПОМУТНЕНИЯМ

Белковые помутнения. 50 мл профильтрованного вина нагревают в колбе на водяной бане до 70—75°С, выдерживают при этой температуре 10 мин, затем охлаждают до комнатной температуры и нефелометрируют. Увеличение мутности по сравнению с вином, не подвергавшимся нагреванию, указывает на нестойкость вина к необратимым белковым помутнениям.

Обратимые коллоидные помутнения. 50 мл вина охлаждают до 0—3°С и выдерживают при этой температуре 1 сут. Наблюдают помутнение в холодном вине, доводят его температуру до комнатной и нефелометрируют. Если в охлажденном вине наблюдалась муть, а после нагревания мутность вина снизилась до исходного значения, — вино склонно к обратимым коллоидным помутнениям.

Кристаллические помутнения. К 50 мл вина добавляют 2—3 мелких кристалла винного камня. Вино быстро охлаждают до —3÷—5°С (в зависимости от типа вина) и выдерживают при этой температуре 1 сут. В случае образования кристаллического осадка, не растворяющегося при повышении температуры, вино считают нестойким против кристаллического помутнения.

Железный касс. В две колбы наливают по 50 мл вина и добавляют по 2—3 капли 3%-ного раствора пероксида водорода. В одну из колб вносят около 50 мг лимонной кислоты. Через сутки вино нефелометрируют. Увеличение мутности свидетельствует о склонности вина к образованию железного касса. Если в колбе с добавкой лимонной кислоты вино не помутнело, то предупредить образование железного касса в данном вине можно путем подкисления, не прибегая к обработке его желтой кровяной солью.

Медный касс. В цилиндр с притертой пробкой наливают 50 мл вина. Током диоксида углерода или азота удаляют из вина растворенный кислород, плотно закрывают цилиндр и выставляют на яркий свет. Через 3—4 ч вино нефелометрируют. В случае увеличения мутности добавляют несколько капель пероксида водорода. Образование мути, исчезающей при добавлении пероксида водорода, указывает на склонность вина к медному кассу.

Оксидазный касс. 50 мл вина насыщают кислородом путем продувания газа или энергичного взбалтывания в открытой колбе и оставляют на 1 сут в затемненном месте, после чего нефелометрируют. Увеличение мутности испытуемого вина, а также образование радужной пленки на поверхности вина и побурение его являются признаками того, что вино нестойко к оксидазному кассу.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСАДКОВ С ЦЕЛЮ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОМУТНЕНИЙ

Микроскопическое исследование осадков. Небольшое количество осадка помещают на предметное стекло, рядом наносят каплю воды, накрывают и слегка растирают покровным стеклом. Препарат рассматривают под микроскопом при увеличении в 400 раз (окуляр 40×, объектив 10×).

Осадки редко бывают однородными и могут видоизменяться в зависимости от типа вина и особенностей его химического состава. В белых столовых винах, например, винный камень выпадает в виде продолговатых призматических кристаллов; в белых крепленых винах формируются друзы желтоватого цвета, а в красных винах он выпадает в виде сплошного осадка, как бы состоящего из чешуек с металлическим блеском.

Микроскопическая картина аморфных частичек, образующихся при белковых помутнениях, окислительном и других процессах, довольно однообразна и не позволяет дать достоверного заключения об их природе. Такие осадки исследуют при помощи специфических реакций.

Исследование осадков при помощи специфических реакций. Сжигание на шпатель. Небольшое количество осадка помещают на чистый, свободный от коррозии металлический шпатель. Шпатель размещают над пламенем газовой горелки или спиртовки на расстоянии 2—3 см от него и постепенно нагревают до полного высушивания осадка. Затем подсушенный осадок подносят к пламени и по характеру сгорания судят о его природе. Идентификацию ведут по данным табл. 28.

Окрашивание пламени горелки. По окрашиванию бесцветного пламени можно судить о наличии в осадке натрия, калия, меди и других металлов (см. табл. 28). Осадок в пламя вносят на проволоочной петле. Для изготовления петли используют нихромовую проволоку диаметром 0,2—0,4 мм и длиной 50—60 мм. Один конец проволоки закрепляют в рукоятку, а второй изгибают в виде петли диаметром 2—3 мм. Перед употреблением петлю очищают, нагревая ее в пламени горелки до красного свечения и опуская затем в концентрированную соляную кислоту. Операцию повторяют несколько раз, пока проволока не перестанет придавать пламени окраску.

Для исследования набирают петлей немного осадка и вносят его в бесцветную часть пламени.

Сверяя наблюдаемую окраску пламени с данными табл. 28, выясняют наличие в осадке металлов.

Следует учитывать, что бледно-фиолетовое окрашивание пламени, вызываемое калием, может быть замаскировано ярко-желтым свечением натрия. В этом случае для наблюдения следует пользоваться синим кобальтовым стеклом, поглощающим желтые лучи.

Т а б л и ц а 28. Результаты исследования осадков с целью идентификации помутнений вин

Внешний вид осадка и вина	Микроскопическая картина	Сжигание осадка, окрашивание пламени	Действие кислот и других реактивов	Вид помутнения
Коричневый осадок, радужная пленка, бурая окраска вина	Аморфные частицы	—	В кислотах не растворяется	Оксидазный касс
Аморфный тонкий осадок, окрашенный под цвет вина	Аморфные частицы	Полное сгорание, запах паленой шерсти	В концентрированной H_2SO_4 обугливается	Необратимое белковое
Небольшой темный осадок, окраска вина темнеет	Аморфные частицы желто-коричневого цвета	Сгорает частично	В HCl растворим, с H_2SO_4 дает красное окрашивание, с ЖКС — голубое или зеленое	Железный касс (черный касс)
Аморфный осадок, принимающий окраску вина, на поверхности вина пленка	Аморфные частицы	Не горит	В минеральных кислотах растворяется, с ЖКС дает голубую или зеленую окраску	Белый касс
Тонкий красный осадок, красно-коричневая пленка на поверхности вина	Тонкие аморфные частицы	Не горит, окрашивает пламя в синий или зеленый цвет	В HCl и H_2SO_4 растворяется, с ЖКС образует красно-бурый осадок или окрашивание	Медный касс
Кристаллический осадок, окрашенный под цвет вина	Продолговатые кристаллы с острыми углами, в красных винах — мелкие блестящие чешуйки	Горит, в остатке опаленная масса, пламя окрашивает в бледно-фиолетовый цвет	В минеральных кислотах растворяется	Винный камень
Кристаллический осадок	Крупные кристаллы с гладкой поверхностью, свободные от примесей	Горит, в остатке белый порошок, пламя окрашивает в кирпично-красный цвет	В HCl растворяется, в H_2SO_4 кристаллы растворяются и образуется осадок гипса	Виннокислый кальций

Для обнаружения меди петлю держат в пламени до исчезновения желтого окрашивания. Тогда становится заметным синее или зеленое окрашивание пламени, характерное для меди.

Действие минеральных кислот. В две пробирки помещают небольшие порции осадка и приливают по 1 мл в одну пробирку 10%-ной соляной кислоты, а во вторую — концентрированной сульфатной. Наблюдая за изменениями осадка и сверяясь с данными табл. 28, судят о составе осадка.

Действие ЖКС. Часть осадка взбалтывают в пробирке с небольшим количеством дистиллированной воды (1—2 мл) и добавляют 2—3 мл 0,5%-ного раствора ЖКС. Появление красно-коричневого осадка указывает на присутствие меди, а синего или зеленого — железа. Белый осадок, появляющийся при нагревании смеси и растворяющийся в избытке реактива, образуется цинком.

Отчет

Отчет о проделанной работе включает описание и методику ее проведения, а также результаты испытания вина и осадка. В заключение делается вывод и даются рекомендации по обработке вина.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Используя необработанное и обработанное вино, студент проводит по заданию преподавателя ряд испытаний на склонность вина к помутнениям.

Студент должен также установить причину помутнения вина, проведя исследование выделенного из него осадка.

Дополнительные задания. Получив образец мутного вина, студент отделяет его от осадка центрифугированием и фильтрацией. Затем исследует природу осадка, устанавливает причину помутнения, устраняет ее соответствующей обработкой и проводит испытание вина на склонность к повторному помутнению.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие помутнения физико-химической природы возникают в винах?
2. На чем основаны отдельные испытания вина на склонность к помутнениям?
3. Какие методы применяют для идентификации помутнений?

РАБОТА № 34. ИССЛЕДОВАНИЕ VIN НА СКЛОННОСТЬ К БИОЛОГИЧЕСКИМ ПОМУТНЕНИЯМ

Принадлежности к работе. Пробирки с ватными пробками; пипетки на 0,5 мл; штатив для пробирок; спиртовка; термостат биологический, микроскоп биологический с принадлежностями; центрифуга лабораторная.

Биологические помутнения возникают в результате развития в вине микроорганизмов. В большинстве случаев причиной помутнения является развитие дрожжей или дрожжеподобных грибов. Наиболее склонны к таким помутнениям столовые сухие и полусладкие вина. В сладких винах помутнение может быть вызвано развитием молочнокислых и других бактерий.

Исследование вина на склонность к биологическим помутнениям осуществляют путем прямого микроскопирования вина и при помощи посевов на стерильную среду. Путем микроскопирования можно быстро установить склонность к помутнению, но лишь в

том случае, когда в вине развилось довольно большое количество клеток микроорганизмов. При малом содержании клеток, на начальных стадиях их развития, более надежным является метод посева.

Прямое микроскопирование. 10 мл вина центрифугируют в течение 10 мин при частоте вращения ротора 1500 об/мин или 5 мин при частоте 3000 об/мин. Вино сливают, а часть осадка переносят прокаленной петлей на предметное стекло, накрывают покровным стеклом и микроскопируют при увеличении в 600 раз (объектив 40X и окуляр 15X). Просматривают не менее 10 полей зрения, распознавая микроорганизмы и подсчитывая количество клеток в каждом поле зрения. Результаты наблюдений заносят в рабочий журнал. Затем высчитывают среднеарифметическое количество клеток в одном поле зрения. При обнаружении дрожжей, особенно пленчатых, а также уксусно-, молочнокислых и других бактерий в количестве более 2—3 клеток на 1 поле зрения вино считают инфицированным и направляют на исследование методом посева. При большем количестве клеток немедленно назначают соответствующую обработку вина.

Метод посева на стерильное вино. Исследование заключается в определении времени развития микроорганизмов после посева на стерильное вино, аналогичное по составу испытуемому.

В три пробирки, содержащие по 5 мл стерильного вина, вносят стерильной пипеткой над пламенем спиртовки по 0,5 мл нефилтрованного испытуемого вина. Пробирки устанавливают в биологический термостат с температурой 25—27°С и выдерживают до 6 сут. Ежедневно наблюдают за образованием пленки на поверхности вина или осадка. Время их появления фиксируют в рабочем журнале. Микроскопированием определяют вид развившихся микроорганизмов. Полученные результаты сопоставляют с данными табл. 29 и дают заключение.

Т а б л и ц а 29. Оценка микробиологического состояния вина

На какие сутки заключают разви- тие микроорганиз- мов	Характеристика вина при развитии в нем				
	дрожжей винных	дрожжей пленчатых	уксуснокислых бактерий	смеси дрожжей и уксуснокис- лых бактерий	молчнокислых бактeрий
1	Нестойкое	С болезнетвор- ным началом	Большое	Большое	—
2	Нестойкое	Нестойкое, а если помутне- ло — начало за- болевания	Нестойкое	Большое	—
3	Нестойкое	Нестойкое	Нестойкое	Нестойкое	С болезнетвор- ным началом
4	Стойкое	Стойкое	Нестойкое	Нестойкое	Нестойкое
5	Стойкое	Стойкое	Нестойкое	Нестойкое	Нестойкое
6	Стойкое	Стойкое	Стойкое	Стойкое	Нестойкое

Отчет

Отчет о проделанной работе должен содержать краткое изложение работы, записи подсчета числа клеток и зарисовку обнаруженных микроорганизмов, записи наблюдений за изменением вина в пробирках и результатов микроскопирования, выводы о микробиологическом состоянии вина.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Прямым микроскопированием студент определяет микробиальное состояние вина, а затем методом посева уточняет склонность вина к биологическому помутнению.

Дополнительные задания. Часть исследуемого вина студент пастеризует, после чего подвергает испытанию параллельно с необработанной частью вина. По результатам испытаний делает заключение об эффективности режима пастеризации. Для расширения задачи принимают ряд различных режимов пастеризации.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Развитие каких микроорганизмов может вызывать помутнение вина?
2. Какими способами определяют склонность вина к биологическим помутнениям?
3. Какие технологические приемы позволяют предотвратить и устранить биологические помутнения?

Глава III. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКТОВ ВИНОДЕЛИЯ

ВИНО

Готовое вино после розлива его в бутылки определенное время должно сохранять кристальную прозрачность (быть розливостойким). Минимальное время, в течение которого вино должно сохранять устойчивую прозрачность, принято называть гарантийным сроком хранения вина. Поскольку помутнение может быть признаком порчи вина, высокая степень прозрачности является косвенным показателем хорошего его качества.

Все обработанные вина должны обладать розливостойкостью, так как исправление вина, помутневшего после розлива в бутылки, приводит к дополнительным непроизводительным расходам. Следовательно, испытание вина на розливостойкость является важным элементом технологического контроля.

Из практики известно, что в большинстве случаев готовые вина мутнеют в результате выпадения в осадок белков, полисахаридов, фенольных веществ, винного камня, а также развития в них микроорганизмов. Следовательно, определение розливостойкости вина должно складываться из испытаний вина прежде всего на эти виды помутнений.

Принадлежности к работе. Колбы конические на 100 и 300 мл; баня водяная; термометр технический на 100°С; цилиндры мерные на 100 и 10 мл; нефелометр; воронка Бюхнера; колбы Бунзена; вакуум-насос; колбы мерные на 100 мл; пипетка на 10 мл градуированная; микропипетка на 1 мл градуированная; пробирки биологические; фотоэлектроколориметр; микроскоп биологический; центрифуга лабораторная; насыщенный спиртовой раствор танина; спирт ректификованный; 50%-ный раствор фенола; концентрированная сульфатная кислота; хлорид натрия; винный камень кристаллический; фильтровальная бумага; ткань нейлоновая фильтровальная.

Пробу вина объемом до 250 мл (в зависимости от числа заданных испытаний) фильтруют на воронке Бюхнера через двойной слой фильтровальной бумаги. Отфильтрованное до блеска вино подвергают испытаниям.

Испытание на белковые помутнения. В коническую колбу на 100 мл наливают 50 мл вина и приливают 0,5 мл насыщенного спиртового раствора танина. Через 15 мин содержимое колбы нагревают на водяной бане до 70°С и выдерживают при этой температуре 10 мин. После охлаждения пробы до комнатной температуры вино нефелометрируют. Розливостойким считают вино, мутность которого не возросла по сравнению с контролем.

Увеличение мутности вина после испытания указывает на то, что вино требует более подробного исследования и дополнительной обработки.

Испытание на полисахаридные помутнения. В коническую колбу на 300 мл отмеряют 50 мл испытуемого вина, приливают 150 мл спирта-ректификата. Содержимое колбы взбалтывают и дают осесть образовавшемуся осадку. Осветлившуюся часть смеси сливают, оставляя в колбе осадок и приблизительно 50 мл жидкости. Осадок взбалтывают и фильтруют через воронку Бюхнера через тройной фильтр (2 слоя фильтровальной бумаги и 1 — верхний — слой нейлоновой фильтр-ткани). После отсасывания жидкости осадок промывают тремя порциями по 25 мл 60%-ного раствора спирта. Осадок с верхним нейлоновым фильтром переносят в коническую колбу, заливают 100 мл горячей дистиллированной воды, взбалтывают и охлаждают до комнатной температуры. Затем 10 мл жидкости переносят в мерную колбу на 100 мл и доводят до метки дистиллированной водой.

Полученную жидкость в количестве 2 мл помещают в пробирку, добавляют при помощи микропипетки 0,05 мл 50%-ного водного раствора фенола и постепенно приливают из мерного цилиндра (осторожно!) 5 мл концентрированной сульфатной кислоты. Одновременно проводят эту же операцию, используя вместо испытуемой жидкости 2 мл дистиллированной воды. Через 30 мин замеряют интенсивность окраски в обеих пробах на фотоэлектроколориметре при $\lambda = 490$ нм (зеленый светофильтр) в кювете толщиной 10 мм. Концентрацию полисахаридов вычисляют по формуле $C = (E - E_1) \cdot 0,85 \cdot 1000$, где C — концентрация полисахаридов, г/л; E — оптическая плотность основной пробы; E_1 — оптическая плот-

ность контрольной смеси; 0,85 — коэффициент, учитывающий примерное содержание кислых полисахаридов.

При содержании полисахаридов в столовом вине не более 200 мг/л, в крепленом — не более 150 мг/л вино считается розливостойким.

Испытание на полифенольные помутнения. 20 мл вина помещают в коническую колбу на 100 мл и упаривают на водяной бане до половины объема. После охлаждения остаток доводят до первоначального объема водой, добавляют 0,5 г хлорида натрия, перемешивают и на следующий день нефелометрируют. При значительном увеличении мутности по сравнению с контролем (исходным вином) вино считают нерозливостойким.

Испытание на кристаллические помутнения. В пробирку наливают 10 мл вина, добавляют несколько кристаллов винного камня и помещают в холодильник на 1—2 сут при температуре $-3 \div -4^{\circ}\text{C}$. Если вино по истечении этого срока осталось прозрачным и осадок не выпал, его считают стойким.

Испытание на биологические помутнения. Нефильтрованное вино в количестве 10 мл центрифугируют 5 мин при частоте вращения ротора 3000 об/мин. Осторожно наклоняя центрифужную пробирку, сливают примерно 8 мл вина, а из остатка прокаленной петлей переносят каплю на предметное стекло и накрывают покровным стеклом. Препарат рассматривают под микроскопом при увеличении в 600 раз. Вино допускается к розливу, если в нем в среднем на 10 полей зрения обнаруживается не более 1—2 клеток.

Отчет

Отчет о проделанной работе включает краткое описание работы, результаты испытаний, заключение и рекомендации.

Задания для самостоятельной проработки

Студент исследует выданный ему образец вина на розливостойкость, уточнив программу испытаний в зависимости от типа, состава и органолептической характеристики вина. По итогам испытаний студент должен сделать заключение о розливостойкости вина или о необходимости дополнительной обработки. В последнем случае студент должен дать рекомендации по поводу вида и режимов обработки вина.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимают под розливостойкостью вина?
2. На чем основаны отдельные испытания вина на розливостойкость?
3. Каким помутнениям подвергаются столовые, крепкие и десертные вина?
4. Чем отличаются испытания на розливостойкость от определения склонности вина к различным помутнениям?
5. За какое время до розлива вина следует проводить испытание его на розливостойкость?
6. Какие рекомендации дают по итогам испытания вина на розливостойкость?

Показателями, характеризующими качество шампанского, являются его игристые и пенистые свойства.

Для объективной оценки этих показателей разработан метод, который основан на изучении динамики выделения диоксида углерода из шампанского в процессе «игры» вина и получении опытным путем кривой «игры», представляющей собой изотерму кавитационной десорбции CO_2 из игристого вина, построенную в координатах времени τ и объема v диоксида углерода, выделяющегося из данного шампанского при постоянной температуре. Пенистые свойства шампанского находятся в прямой зависимости от игристых, поэтому определение этих двух свойств возможно в одной пробе вина с помощью одного и того же прибора.

Полученную изотерму подвергают графическому анализу, основанному на закономерности десорбции CO_2 из игристого вина, которая описывается уравнением $dv/d\tau = K(v_m - v)/(1 + C\tau)$, где v — объем CO_2 , выделившийся из вина в стандартных условиях в момент времени τ ; v_m — общее количество CO_2 , способное выделиться из данного вина в процессе «игры»; C и K — коэффициенты пропорциональности (коэффициент C отражает суммарное действие факторов, тормозящих выделение CO_2 из вина).

РАБОТА № 36. ОЦЕНКА ИГРИСТЫХ И ПЕНИСТЫХ СВОЙСТВ

Принадлежности к работе. Прибор для регистрации динамики выделения диоксида углерода из игристого вина; миллиметровая бумага; линейка с равномерной шкалой миллиметровых делений.

График кинетики «игры» вина (рис. 16) получают опытным путем в стандартных условиях с помощью специальных приборов.

Упрощенный прибор (рис. 17) предназначен для получения графика «игры» по данным определения динамики выделения диоксида углерода из всего объема игристого вина, заключенного в бутылке.

Прибор состоит из перевернутого стеклянного сосуда 3, заполненного смесью насыщенных на холоде растворов сульфата и хлорида натрия. Такая смесь растворов применяется в качестве затворной жидкости, имеющей малую поглотительную способность к CO_2 . Сосуд 3 плотно закрыт резиновой пробкой 4, в которую герметически вставлены две стеклянные трубки: длинная 6, доходящая до дна сосуда, и короткая, соединенная гибким шлангом 5 с тройником 2, предназначенным для слива затворной жидкости из сосуда 3 в мерный цилиндр 1.

При подготовке прибора к работе сосуд 3 заполняют затворной жидкостью, на поверхность которой наносят тонкий слой герметизирующего состава («герметика»). После окончательного закрепления сосуда 3 в неподвижном состоянии тройник 2 устанавливают по уровню жидкости в сосуде.

Температуру игристого вина в бутылке 10 доводят до 20° С, после чего вводят в газовую камеру бутылки через пробку прокалывающее приспособление афрометра 9 (необходимо применять афрометр с отпадающим штифтом, который выполняет роль центра кавитации, способствующего выделению пузырьков диоксида углерода). Отводной штуцер афрометра соединяют с трубкой 6 через пеноуловитель 7 и полностью открывают зажим 8.

Диоксид углерода, выделяющийся из вина, проходит из бутылки 10 в сосуд 3, а эквивалентное количество затворной жидкости вытекает из сосуда 3 в мерный цилиндр 1. По мере стекания жидкости из сосуда 3 тройник 2 и мерный цилиндр 1 постепенно опус-

Рис. 17. Упрощенный прибор для определения динамики выделения диоксида углерода из вина (для получения графика «игры» шампанского).

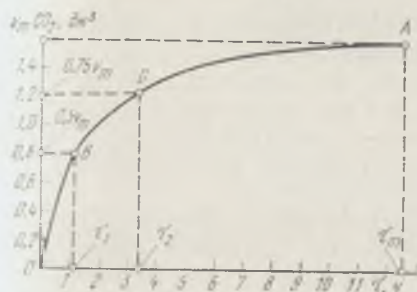
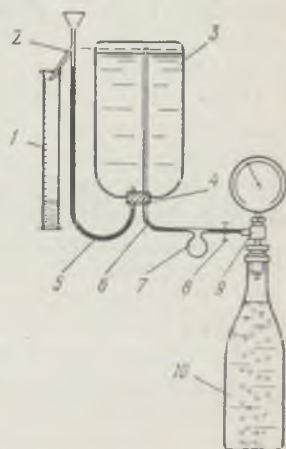


Рис. 16. График кинетики «игры» вина.



кают для обеспечения одинаковых или близких уровней жидкости в сосуде и тройнике и, следовательно, исключения возникновения избыточного давления в приборе. При таких условиях объем жидкости, переходящий из сосуда 3 в цилиндр 1, соответствует объему диоксида углерода, выделяющегося из вина.

Температуру прибора поддерживают в течение всего периода газовыделения на постоянном уровне 20° С. Объемы жидкости в мерном цилиндре регистрируют через каждые 3—5 мин или реже в зависимости от интенсивности газовыделения. Отсчеты прекращают, когда за 1 ч выделится менее 5 мл жидкости, что практически соответствует прекращению процесса «игры» вина.

По результатам измерения объемов выделившегося диоксида углерода за фиксированные периоды времени строят график «игры» (см. рис. 16) на миллиметровой бумаге. Полученную кривую динамики выделения CO_2 подвергают графическому анализу, основанному на закономерностях процесса кавитационной десорбции CO_2 из игристого вина.

На кривой находят конечную точку A , соответствующую моменту прекращения газовыделения. Начиная от этой точки, кривая переходит в прямую, параллельную абсциссе. Проекция точки A на ординату соответствует максимальному объему диоксида углерода v_m , выделившемуся из вина. Проекция A на абсциссу дает точку, которая показывает наибольшую продолжительность процесса «игры». Деля пополам отрезок ординаты $O-v_m$, получают точку $0,5v_m$. На кривой ей соответствует точка B , а на абсциссе — точка τ_1 , показывающая время, в течение которого выделилось 50% общего количества диоксида углерода.

Затем делят пополам верхний отрезок ординаты, заключенный между точками v_m и $0,5v_m$, и получают точку $0,75v_m$. На кривой этой точке соответствует C , а на абсциссе — τ_2 . Точка τ_2 показывает момент времени выделения из вина 75% общего количества диоксида углерода.

На основании этих величин вычисляют коэффициент C , характеризующий динамику выделения диоксида углерода, пользуясь уравнением $C = (\tau_2 - 2\tau_1) / \tau_1^2$.

Показатель игристых свойств m рассчитывают по формуле $m = \tau_m / 10^3 C$, где 10^3 — пересчетный коэффициент.

Для определения показателя пенистых свойств n измеряют время τ_n , в течение которого на поверхности «играющего» вина сохраняется пена. Время τ_n отсчитывают по секундомеру от момента включения прибора в действие до исчезновения пены приблизительно на $1/2$ поверхности вина.

Показатель пенистых свойств вычисляют по формуле $n = \tau_n / C$.

Коэффициенты m и n — безразмерные величины. Чем лучше игристые и пенистые свойства шампанского, тем соответственно больше абсолютная величина показателей m и n . Показатели m и n не имеют определенных границ, они могут изменяться в широких пределах положительных значений. Поэтому данные показатели применяют для сопоставительной оценки отдельных игристых вин. Получение отрицательных величин m или n указывает на допущенные аналитиком ошибки или на неудовлетворительные и нетипичные качества исследуемого образца игристого вина.

Пример 25. На основании опытных данных построена изотерма десорбции CO_2 из шампанского (график «игры»), изображенная на рис. 16. В результате графического анализа изотермы установлены следующие расчетные величины: $\tau_m = 12,5$ ч; $\tau_1 = 1,1$ ч; $\tau_2 = 3,4$ ч. Измеренная секундомером продолжительность существования слоя пены на поверхности «играющего» вина (время «жизни» пены) $\tau_n = 54$ с = 0,9 мин. Следовательно, $C = (3,4 - 2 \cdot 1,1) / 1,1^2 = 1,0$; $m = 1660 / 1,0 \times 10^3 = 1,6$; $n = 0,9 / 1,0 = 0,9$.

Отчет

Отчет о проделанной работе включает описание методики ее выполнения и необходимые формулы.

При визуальной регистрации объемов CO_2 , выделяющихся в процессе «игры» из шампанского, результаты записывают в следующую таблицу:

Продолжительность процесса, мин	Температура вина t , °C	Объем выделившегося CO_2 , см ³		Результаты графического анализа и вычисления			
		измеренный при t , °C	приведенный к 20° C	τ_m	C	m	n

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Студенты регистрируют динамику выделения диоксида углерода из выданного преподавателем игристого вина, пользуясь самопишущим или упрощенным прибором. На основании полученных данных строят изотерму десорбции CO_2 из вина (график «игры»), проводят ее графический анализ и вычисляют показатели игристых m и пенистых n свойств.

Дополнительные задания. Студенты изучают динамику выделения CO_2 из игристых вин, полученных различными способами, и из газированных (шипучих) вин, проводят графо-аналитическую обработку опытных данных описанным выше методом и, сопоставляя величины показателей τ_m , C , m и n , делают заключение о причинах различия в игристых и пенистых свойствах и типичных качествах исследуемых вин в связи с особенностями их технологии.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На чем основан метод объективной оценки игристых и пенистых свойств шампанского?
2. Что представляет собой график «игры» шампанского и как его получают?
3. Как проводят графо-аналитическую обработку опытных данных, полученных при изучении динамики выделения CO_2 из вина?
4. Как вычисляют показатели игристых и пенистых свойств шампанского?
5. От чего зависят игристые и пенистые свойства шампанского?

ДРОЖЖЕВЫЕ ОСАДКИ И ГУЩЕВЫЕ ОТХОДЫ

В дрожжевых осадках и гущевых отходах содержатся этиловый спирт, который может быть выделен из них путем отгонки и ректификации, и винная кислота, извлекаемая из них путем перевода D -винной кислоты в кислый виннокислый калий.

РАБОТА № 37. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СПИРТА

Принадлежности к работе. Стаканы химические вместимостью 200 мл; колбы круглодонные вместимостью 500 мл; холодильники стеклянные пяти- или восьмьшариковые; каплеуловители стеклянные лабораторные; колбы мерные вместимостью 200 мл; спиртомеры стеклянные типа А; цилиндры измерительные вместимостью 250 мл; весы технические.

На технических весах отвешивают в стаканчике 100 г исследуемого объекта (дрожжевых или гущевых осадков) и переносят количественно в круглодонную колбу перегонной установки. Туда же

добавляют 100 мл воды. Содержимое перегонной колбы перемешивают, нейтрализуют 1 н. раствором щелочи по индикаторной бумаге, находящейся в перегонной колбе, и отгоняют спирт. Приемником служит мерная колба вместимостью 200 мл.

Когда приемная колба наполнится на $\frac{4}{5}$ объема, перегонку прекращают. Колбу после энергичного перемешивания ее содержимого плотно закрывают пробкой и оставляют на 30 мин в водяной бане при температуре 20° С. Затем содержимое колбы доводят до метки дистиллированной водой температурой 20° С, хорошо перемешивают, переливают в мерный цилиндр и стеклянным спиртомером определяют концентрацию спирта в дистилляте.

Содержание спирта (в г на 1 кг исследуемого объекта) определяют по формуле $x_c = 0,78927AB \cdot 1000 / (100B)$, где 0,78927 — плотность этилового спирта; A — концентрация спирта в дистилляте, % об.; B — объем мерной колбы, мл; B — навеска исследуемого объекта, г; 1000 и 100 — пересчетные коэффициенты.

РАБОТА № 38. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВИННОЙ КИСЛОТЫ

Принадлежности к работе. Хлорид калия кристаллический; 95 %-ный этиловый спирт; 0,1 н. раствор гидроксида натрия; колбочки конические плоскодонные вместимостью 250 мл; колбочки мерные на 250 мл; стаканы химические вместимостью 100 мл; воронки Бюхнера, вакуум-насосы.

Навеску исследуемого вещества в количестве 25 г помещают в коническую колбу вместимостью 250 мл, добавляют 50 мл дистиллированной воды и кипятят 5—10 мин. Горячую жидкость сливают в мерную колбу на 250 мл через воронку со слоем ваты. В коническую колбу вновь наливают 50 мл дистиллированной воды и снова кипятят. Так поступают, пока в мерной колбе не соберется около 250 мл экстракта. Затем мерную колбу помещают в водяную баню и при температуре 20° С ее содержимое доводят дистиллированной водой до метки. Полученный экстракт в количестве 25 мл переносят пипеткой в химический стакан на 100 мл и выпаривают до объема 4—5 мл. Затем в стакан небольшими порциями при интенсивном перемешивании вносят хорошо растертый порошок хлорида калия до полного насыщения, приливают 10 мл 95 %-ного спирта-ректификата и оставляют в течение 10—15 ч при температуре 10—15° С.

Выпавший осадок кислого виннокислого калия отфильтровывают через воронку Бюхнера под вакуумом. Осадок промывают 2—3 раза насыщенным раствором хлорида калия. Фильтр с осадком помещают в стакан, приливают 50—60 мл дистиллированной воды и нагревают до кипения. Горячую жидкость титруют 0,1 н. раствором гидроксида натрия в присутствии фенолфталеина.

Содержание винной кислоты $x_{в.к}$ (в %) вычисляют по формуле $x_{в.к} = K \cdot 0,015 a \cdot 40$, где K — коэффициент нормальности раствора щелочи; 0,015 — количество винной кислоты, нейтрализуемое 1 мл 0,1 н. раствора щелочи, г; a — количество 0,1 н. раствора щелочи, пошедшее на титрование 25 мл экстракта, мл; 40 — пересчетный коэффициент.

Отчет

Отчет должен содержать цель, методику выполнения работ, основные теоретические положения и полученные студентом результаты.

Задания для самостоятельной проработки

По заданию преподавателя в образце дрожжевой или клеевой гущи студенты определяют содержание спирта и винной кислоты.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. От чего зависит содержание спирта в дрожжевой и клеевой гуще?
2. На каком принципе основаны методы определения винной кислоты в дрожжевых и клеевых осадках?
3. Напишите уравнение реакции взаимодействия винного камня с гидроксидом натрия.

ВИННОКИСЛОТНОЕ СЫРЬЕ

Образующиеся на производстве виннокислая известь, винный камень, меловые осадки, сухие дрожжи являются сырьем для получения ценного продукта — винной кислоты.

РАБОТА № 39. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВИННОЙ КИСЛОТЫ

Содержание винной кислоты в сырье определяют двумя методами: ацидометрическим и колориметрическим.

Ацидометрический метод

Принадлежности к работе. Технические весы; химические стаканы вместимостью 100 мл; кислота соляная плотностью 1,1; колбы мерные на 200 мл; раствор поташа х. ч. (660 г поташа в 1 л); кислота уксусная ледяная; 95%-ный этиловый спирт; 0,1 н. раствор гидроксида натрия; воронки Бюхнера; вакуум-насосы.

Тщательно измельченную навеску виннокислотного сырья в количестве 6 г (при содержании винной кислоты свыше 40%) или 12 г (при содержании винной кислоты ниже 40%), взвешенную на технических весах с точностью до 0,01 г, помещают в стакан вместимостью 100 мл, приливают 18 мл соляной кислоты плотностью 1,1, перемешивают и оставляют на 10 мин. Образовавшуюся массу количественно переносят в мерную колбу на 200 мл, доводят водой до метки и тщательно перемешивают. Затем 100 мл полученного раствора переносят в стакан на 200 мл, нагревают до кипения и прибавляют в течение 5 мин из пипетки по каплям 10 мл раствора поташа так, чтобы кипение не останавливалось. Затем смесь кипятят еще 20 мин. Для предотвращения выбрасывания жидкости из стакана содержимое его необходимо периодически перемешивать.

После охлаждения жидкость из стакана количественно переносят в мерную колбу на 200 мл, доводят дистиллированной водой до метки и фильтруют через складчатый фильтр. Фильтрат в количестве 100 мл переносят в химический стакан и выпаривают до объема 15 мл.

К горячему фильтрату в течение 5 мин по каплям добавляют при постоянном перемешивании 3 мл ледяной уксусной кислоты. Раствор оставляют на 10 мин и затем в течение 5 мин приливают 100 мл 95%-ного этилового спирта, взбалтывают и снова оставляют на 10 мин.

Выпавший кислый виннокислый калий (винный камень) отфильтровывают через воронку Бюхнера под вакуумом. Осадок промывают на фильтре 95%-ным спиртом, приливая 20 мл спирта небольшими порциями, пока фильтрат не станет нейтральным по фенолфталеину. Обычно производят 5—7 промывок.

Промытый осадок количественно смывают с фильтра кипящей водой в стакан, ополоснутый спиртом. Фильтр тщательно промывают кипящей водой. Все полученные воды (обычно около 250 мл) собирают в стакан, нагревают до кипения и титруют 0,1 н. раствором щелочи. Конец титрования определяют по лакмусовой бумаге.

Содержание винной кислоты в виннокислотном сырье $x_{в.к}$ (в %) определяют по формуле $x_{в.к} = Ka$, где K — коэффициент нормальности 0,1 н. раствора щелочи; a — количество 0,1 н. раствора щелочи, пошедшее на титрование, мл.

Если для исследования было взято 12 г виннокислотного сырья, то полученное по формуле число нужно разделить на 2.

Колориметрический метод

Принадлежности к работе. Фотоэлектроколориметр; 5%-ный раствор метаванадата натрия (готовят растворением 64,8 г $\text{NaVO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в 1 л дистиллированной воды); ледяная уксусная кислота; кислота соляная плотностью 1,1; винная кислота; 0,1 н. раствор гидроксида натрия; колбы мерные на 50 мл; сушильный шкаф; эксикаторы.

Перед проведением анализа на содержание винной кислоты в виннокислотном сырье колориметрическим методом необходимо построить калибровочную кривую. Для этого из винной кислоты, высушенной при температуре 100—105° С в течение 15 мин и затем охлажденной в эксикаторе, готовят основной раствор, содержащий 50 мг винной кислоты в 100 мл раствора.

В пять мерных колб на 50 мл переносят соответственно 4; 8; 12; 16; 20 мл основного раствора винной кислоты, добавляют по 4 мл 5%-ного раствора метаванадата натрия и по 1 мл ледяной уксусной кислоты, после чего доводят мерные колбы дистиллированной водой до метки. Таким образом получают серию рабочих растворов с содержанием винной кислоты 4, 8, 12, 16, 20 мл в 100 мл раствора.

Затем готовят раствор сравнения. Для этого в мерную колбу на 50 мл вносят 4 мл 5%-ного раствора метаванадата натрия, 1 мл

ледяной уксусной кислоты и доводят до метки дистиллированной водой.

Подготовленную серию рабочих растворов колориметрируют после 15—20-минутного нахождения их в темном месте для развития стабильной и устойчивой в течение 24 ч окраски. Колориметрирование проводят с помощью фотоэлектроколориметра с использованием зеленого светофильтра и кюветы толщиной 20 мм. По полученным значениям оптических плотностей рабочих растворов строят калибровочный график, который должен представлять собой прямую линию.

Для определения содержания винной кислоты в виннокислотном сырье 10 г исследуемого растертого в порошок сырья (сушеные дрожжи, ВКИ, меловые осадки при содержании в них винной кислоты выше 45% берут в количестве 5 г) обрабатывают в химическом стакане, постепенно растирая с 20 мл раствора соляной кислоты, затем раствору дают постоять в течение 10 мин, после чего переносят в колбу на 250 мл, доводят дистиллированной водой до метки и фильтруют через складчатый бумажный фильтр.

Полученный фильтр в количестве 10 мл переносят в мерную колбу на 100 мл, добавляют 60—70 мл дистиллированной воды и нейтрализуют раствором NaOH (4,0—4,5 мл 1 н. раствора) до pH 6—7. При нейтрализации можно пользоваться универсальной индикаторной бумагой, бромтимоловой бумагой или pH-метром. После доведения pH раствора до 6—7 добавляют в колбу дистиллированную воду до метки. Если раствор получится мутный, его необходимо профильтровать через бумажный фильтр.

В мерную колбу на 50 мл добавляют 5 мл подготовленного раствора, 4 мл 5%-ного раствора метаванадата натрия и 1 мл концентрированной уксусной кислоты и доводят до метки дистиллированной водой. Раствор ставят в темное место для развития окраски на 15—30 мин, после чего его колориметрируют так же, как и растворы для построения калибровочной кривой.

Если подготовленный раствор имеет окраску, то необходимо внести поправку в показания оптической плотности на холостой опыт. Для этого в мерную колбу на 50 мл добавляют 5 мл исследуемого раствора, 1 мл концентрированной уксусной кислоты и доводят до метки дистиллированной водой, после чего колориметрируют, используя в качестве раствора сравнения дистиллированную воду. Полученную оптическую плотность раствора холостого опыта отнимают от оптической плотности исследуемого раствора.

По полученной оптической плотности (за вычетом оптической плотности холостого опыта при окрашенном растворе) находят по калибровочному графику соответствующие концентрации винной кислоты в подготовленном растворе.

Содержание винной кислоты в виннокислотном сырье $x_{в.к}$ (в %) определяют по формуле $x_{в.к} = CB \cdot 10/2,5$, где C — содержание винной кислоты, найденное по калибровочному графику; B — навеска исследуемого сырья, г; 10 — пересчетный коэффициент; 2,5 — коэффициент разбавления.

Отчет

Отчет о проделанной работе должен содержать цель, методику выполнения работы, основные теоретические положения и полученные студентом результаты.

Результаты измерений, полученных ацидометрическим и колориметрическим методом, заносят в следующую таблицу:

Вид сырья	Содержание винной кислоты, определенное методом			
	ацидометрическим		колориметрическим	
	количество щелочи a , мл	количество винной кислоты, %	оптическая плотность	количество винной кислоты, %

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Студенты определяют в одном и том же сырье содержание винной кислоты ацидометрическим и колориметрическим методом и сравнивают полученные результаты.

Дополнительные задания. По указанию преподавателя определяют содержание винной кислоты в различном виннокислотном сырье и делают заключение о причинах ее неодинакового содержания.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На каком принципе основаны ацидометрический и колориметрический методы определения винной кислоты в виннокислотном сырье?
2. Для чего при определении винной кислоты ацидометрическим методом добавляют поташ и уксусную кислоту?
3. Как строится калибровочная кривая при определении винной кислоты колориметрическим методом?

ВЫЖИМКИ И СЕМЕНА

Выжимки и семена, предназначенные для хранения, должны иметь определенную влажность, которую определяют обычно методом высушивания до постоянной массы.

В семенах, кроме того, определяют содержание масла.

РАБОТА № 40. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ

Принадлежности к работе. Технические весы, бюксы с крышками, сушильный шкаф.

Около 5 г исследуемого сырья помещают в предварительно высушенный и взвешенный бюкс с крышкой и взвешивают на технических весах. Затем содержимое бюкса сушат в сушильном шкафу в течение 3 ч при температуре 100—105° С.

Содержание влаги W (в %) вычисляют по формуле $W = (A - B) \cdot 100 / (A - C)$, где A — масса бюкса с навеской до высушивания, г; B — масса бюкса с навеской после высушивания, г; C — масса пустого бюкса, г.

РАБОТА № 41. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МАСЛА В ВИНОГРАДНЫХ СЕМЕНАХ

Принадлежности к работе. Лабораторная мельница; сушильный шкаф; аппараты Сокслета; эфир серный (диэтиловый); колбы круглодонные перегонные вместимостью до 200 мл; холодильник шариковый; весы технические.

Семена размалывают на лабораторной мельнице и высушивают в сушильном шкафу при $100\text{—}105^\circ\text{C}$ в течение 3 ч. После высушивания отвешивают точно 100 г муки, упаковывают в фильтровальную бумагу и помещают в экстрактор аппарата Сокслета. Экстракцию масла осуществляют серным эфиром в течение 3—5 ч. Затем эфирный раствор масла переносят в перегонную колбу, предварительно взвешенную, и отгоняют серный эфир. Оставшееся масло высушивают в сушильном шкафу вместе с перегонной колбой и взвешивают.

Содержание масла C (в %) определяют по разности $C = A - B$, где A — масса перегонной колбы с маслом, г; B — масса пустой перегонной колбы, г.

Отчет

Отчет о проделанных работах должен содержать цель, методику выполнения, основные теоретические положения и полученные студентом результаты.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. По заданию преподавателя студенты определяют влажность выжимок и семян, а также содержание масла в виноградных семенах.

Дополнительные задания. Студенты определяют содержание масла в семенах различных сортов винограда.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как определяется влажность выжимок и виноградных семян?
2. На чем основано определение содержания масла в виноградных семенах?
3. Для чего нужно знать влажность семян?
4. Какое практическое значение имеет влажность выжимок?
5. Какова химическая природа виноградного масла?
6. Какие продукты можно извлечь из выжимок?
7. Каково содержание семян в виноградной ягоде?
8. Какова влажность выжимок, полученных на шнековых прессах непрерывного действия?

Глава IV. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

СПИРТ ЭТИЛОВЫЙ РЕКТИФИКОВАННЫЙ

Соответствие стандарту спирта этилового ректификованного устанавливают на винозаводах при его приемке. Проводят органолептическую оценку, пробу на чистоту и на окисляемость, определяют содержание этилового спирта (крепость), альдегидов, сивушного масла, кислот, сложных эфиров, фурфурола и делают контрольную пробу на присутствие метилового спирта.

РАБОТА № 42. ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СПИРТА-РЕКТИФИКАТА

Определение цвета и прозрачности. В сухие пробирки для колориметрирования наливают: в одну 10 мл испытуемого спирта, в другую — 10 мл дистиллированной воды. В проходящем рассеянном свете сравнивают цвет, оттенок и определяют наличие механических примесей (в штатив-камере).

Определение запаха и вкуса. Испытуемый спирт разбавляют до концентрации 30% по объему питьевой водой температурой $20 \pm \pm 2^\circ \text{C}$. Около 30 мл разбавленного спирта наливают в сосуд с притертой пробкой вместимостью 100—150 мл и тотчас же после предварительного сильного перемешивания производят испытание спирта на вкус и запах.

При наличии спиртов-эталонов рекомендуется проводить сравнительную дегустацию спиртов. Одновременно допускается дегустирование не более 5 образцов спирта, причем соблюдается такая последовательность, при которой образцы заведомо лучшего качества испытываются вначале.

РАБОТА № 43. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ (КРЕПОСТИ) ЭТИЛОВОГО СПИРТА

Концентрацию спирта определяют металлическим или стеклянным спиртомером в интервале температур от -25 до 40°C с применением термометра с ценой деления $0,5^\circ \text{C}$. Результаты приводят к температуре 20°C . При проведении исследования раствор в цилиндре тщательно перемешивают мешалкой.

Для определения содержания этилового спирта в растворе должны применяться таблицы Государственного комитета СССР по стандартам.

Концентрацию спирта стеклянным спиртомером типа А (имеющим поправки по документу о проверке) определяют путем отсчета по шкале спиртомера при его погружении.

Стеклянный цилиндр для исследуемого раствора и спиртомер должны быть предварительно тщательно вымыты теплой водой и насухо вытерты. Не следует касаться руками уже вытертых ча-

стей спиртомера. Так же готовят к погружению мешалку и термометр.

Перед погружением спиртомера раствор должен быть тщательно перемешан мешалкой. Чтобы в раствор не попадал воздух, мешалку не вынимают из раствора.

Взяв спиртомер за верхний конец стержня, осторожно погружают его в раствор и затем выпускают из рук так, чтобы он свободно погружался под действием собственной массы. При этом необходимо следить за тем, чтобы стержень не оказался смоченным более чем на 2—3 мм над верхней частью мениска. Спиртомер должен плавать в растворе, не касаясь стенок цилиндра.

Выждав 3—4 мин для того, чтобы спиртомер принял температуру жидкости, смотрят, где уровень жидкости пересекает шкалу спиртомера. Отсчет проводят по нижнему краю мениска. Глаза наблюдателя должны находиться ниже уровня жидкости настолько, чтобы видеть основание мениска в форме эллипса. Затем, постепенно поднимая голову, замечают, как эллипс обращается в прямую линию, ясно проектирующуюся на шкалу спиртомера. В этот момент производят отсчет.

Если уровень жидкости не совпадает ни с одним из штрихов шкалы, то определяют на глаз, какую часть деления следует прибавить к показанию, соответствующему штриху, который располагается непосредственно под уровнем жидкости.

Пока спиртомер находится еще в растворе, определяют температуру последнего, причем отсчет по термометру производят только после того, как термометрическая жидкость перестанет подниматься или опускаться. Если температура исследуемого раствора равна 20° С, то шкала стеклянного спиртомера показывает непосредственно концентрацию спирта. При другой температуре необходимо пользоваться специальной таблицей.

Концентрацию спирта металлическим спиртомером типа Б, имеющим поправки по документу о проверке, определяют путем отсчета по шкале при его погружении.

Металлический спиртомер (рис. 18) представляет собой поплавок с утолщением в виде шарика, к которому припаяны 2 стерженька: верхний со шкалой и нижний с небольшим утолщением для навешивания гирек. Поплавки и гирьки позолочены. Шкала на верхнем стержне разделена на 10 больших делений, у которых снизу вверх стоят цифры 0, 1, 2, ..., 10, внизу, под цифрой 0, стоит цифра 100. Каждое большое деление в свою очередь подразделено на пять малых, каждое из которых равно 0,2 большого деления.

К спиртомеру приложено 10 круглых гирек, обозначенных цифрами 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 и 90 по величине их массы. Каждая гирька может навешиваться на стержень спиртомера при помощи выреза, надеваемого на утонченную часть стержня. Надевая гирьку, она должна плотно лежать на грузе своей выпуклой стороной.

Спиртомеры, допущенные к употреблению, снабжаются свидетельством, клеймом и номером. Они считаются годными до тех пор,

пока не произойдет повреждение позолоты либо деформации корпуса, стержней или гирек. Номер спиртомера обозначен также на гирьках. Последние могут употребляться лишь со своим спиртомером.

Подготовка металлических спиртомеров, погружение и отсчет по шкале производятся так же, как и при измерении стеклянными спиртомерами.

При погружении спиртомер держат большим и указательным пальцами за верхний стержень и осторожно опускают в жидкость после тщательного перемешивания последней мешалкой и выделения

из нее пузырьков воздуха. Спиртомер должен плавать в жидкости вертикально, не касаясь стенок цилиндра.

Погружая спиртомер с гирькой или без нее в раствор, убеждаются, что уровень жидкости находится в пределах шкалы спиртомера. Если при погружении спиртомера нижний (нулевой) штрих шкалы окажется выше уровня жидкости, спиртомер вынимают и заменяют гирьку более тяжелой. Если уровень жидкости окажется выше верхнего штриха шкалы, гирька должна быть заменена более легкой. Подбирают такую гирьку, при которой уровень жидкости пересекает стержень спиртомера в пределах шкалы, и производят отсчет по шкале снизу вверх.

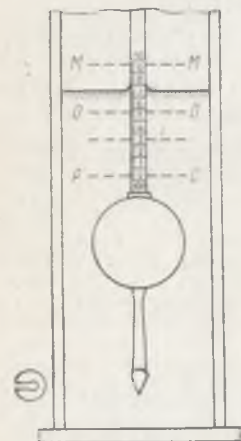


Рис. 18. Измерение концентрации спирта металлическим спиртомером.

Если спиртомер погружался без гирьки, то к отсчету по шкале прибавляют число 100, указанное на стержне спиртомера под нижним (нулевым) штрихом, если же спиртомер погружался с гирькой, то к отсчету по шкале прибавляют число, указанное на подвешенной к спиртомеру гирьке.

Например, если спиртомер погружался до уровня *ММ* (см. рис. 18) без гирьки, показание спиртомера будет 109,6 (к 9,6 — числу делений в точке погружения — следует прибавить 100), а при погружении спиртомера без гирьки до уровня *ОО* показание его будет 105,8, до уровня *РС* — 100,4. Если спиртомер погружался с гирькой «60» до уровня *ММ*, то показание его будет 69,6. При погружении с той же гирькой до уровня *ОО* показание будет 65,8, а до уровня *РС* — 60,4.

Если уровень раствора будет находиться между двумя штрихами, то определяют на глаз, какую часть деления добавить к показанию, соответствующему штриху, находящемуся непосредственно под уровнем жидкости.

Если спиртомер, взятый без гирьки, погружается настолько, что уровень жидкости стоит выше верхнего штриха шкалы, то следует перейти в более холодное помещение или охладить жидкость. С практической точки зрения охлаждение спирта лучше проводить в термостатируемой ванне.

По показаниям спиртомера концентрацию спирта в водно-спиртовом растворе находят в специальной таблице¹. В первой и последней графах таблицы указаны значения температуры раствора через интервал 0,5 град от +40 до —25° С. В остальных графах таблицы приведено объемное содержание спирта в процентах для соответствующих показаний металлического спиртомера.

Пример 26. Определить объемное содержание спирта в растворе, если при температуре —15,5° С показание металлического спиртомера 87,2.

По таблице на пересечении графы 87,2 и строки —15,5° С находят, что искомое содержание спирта в растворе 96,6% об.

Пример 27. Определить объемное содержание спирта в растворе, если при температуре +18,2° С показание металлического спиртомера 92,44.

Выписывают из таблицы четыре значения содержания спирта для ближайших значений температуры и показаний спиртомера.

Составляют вспомогательную таблицу по следующей форме:

Температура, °С	Показания металлического спиртомера		
	92,6	92,44	92,4
	Содержание спирта при 20° С, % об.		
+18,5	92,0	—	91,9
+18,2	A	X	B
+18	92,1	—	92,0

Примечание. A — объемное содержание спирта в растворе, соответствующее показанию спиртомера 92,6 при температуре +18,2° С; B — то же, но соответствующее показанию спиртомера 92,4; X — искомое объемное содержание спирта в растворе.

Чтобы найти значения A, B и X, пользуясь вспомогательной таблицей, составляют следующие пропорции: $(A - X)/(A - B) = (92,6 - 92,44)/(92,6 - 92,4)$; $(A - 92,0)/(92,1 - 92,0) = (18,2 - 18,5)/(18,0 - 18,5)$, откуда $A = 92,06$; $(B - 91,9)/(92,0 - 91,9) = (18,2 - 18,5)/(18,0 - 18,5)$, откуда $B = 91,96$.

Подставляя найденные значения A и B в первую пропорцию, получают $X = 91,98$, после округления $X = 92,0\%$ об.

РАБОТА № 44. ПРОБА СПИРТА НА ЧИСТОТУ

Проба спирта на чистоту заключается в нагревании до кипячения смеси равных объемов спирта-ректификата и химически чистой сульфатной кислоты. Если испытуемый спирт чистый, то смесь останется бесцветной. Если же спирт содержит различные примеси (альдегиды, сивушные масла, фурфурол и т. п.), то смесь окрасится вследствие окисления этих примесей. При этом окраска будет тем интенсивнее (от слабо-желтой до темно-красной), чем больше примесей в спирте.

Проба с сульфатной кислотой дает только относительное представление о степени загрязнения спирта, не решая вопроса о количестве и характере примесей. Нужно иметь в виду, что чувстви-

¹ Таблицы для определения содержания этилового спирта в водно-спиртовых растворах. — М.: Госкомитет стандартов Совета Министров СССР, 1972, с. 364.

тельность на присутствие альдегидов при этой пробе в 5 раз больше, чем на присутствие сивушных масел.

Перед анализом всю посуду тщательно моют водой, затем ополаскивают дистиллированной водой и уже окончательно промывают чистым спиртом. Чтобы посуда хорошо просохла внутри, ее опрокидывают отверстием вниз. Вытирать посуду внутри полотенцем или бумагой нельзя, так как частицы ткани, обрывки волокон бумаги пристанут к стенкам, при испытании обуглятся и окрасят исследуемую жидкость.

Для проведения пробы 10 мл испытуемого спирта наливают в узкогорлую колбу вместимостью 70 мл и прибавляют в 3—4 приема при постоянном взбалтывании 10 мл сульфатной кислоты (выдерживающей пробу Савалля). Кислоту следует приливать осторожно, по стенкам колбы, чтобы она перед смешиванием со спиртом находилась под ним на дне. Полученную смесь тотчас же нагревают на спиртовой горелке, дающей пламя высотой 4—5 см и шириной в нижней широкой части около 1 см.

Во время нагревания колбу все время вращают, чтобы жидкость хорошо перемешивалась.

Нагревание смеси прекращают, когда пузырьки начнут выходить на поверхность жидкости, образуя пену; процесс нагревания длится 30—40 с, после чего смеси дают спокойно остыть.

Для испытания содержимое колбы переливают (после охлаждения) в цилиндр с притертой пробкой и, пользуясь штатив-камерой, наблюдают окраску смеси, сравнивая ее с окраской спирта, а также сульфатной кислоты, взятыми в равном объеме и налитыми в отдельные цилиндры такого же диаметра и качества стекла. Результат испытания считают положительным, если смесь окажется такой же по окраске, как спирт и кислота.

РАБОТА № 45. ПРОБА СПИРТА НА ОКИСЛЯЕМОСТЬ

Мерный цилиндр на 50 мл с притертой пробкой ополаскивают испытуемым спиртом, наполняют этим же спиртом до метки погружают его в стеклянную водяную баню с температурой 20° С так, чтобы уровень воды в бане был выше уровня спирта в цилиндре, и выдерживают в течение 10 мин. По истечении этого времени в цилиндр прибавляют 1 мл 0,02%-ного раствора марганцовокислого калия, закрывают цилиндр пробкой и, перемешав жидкости, вновь погружают в водяную баню, поддерживая в ней температуру 20° С. Пробу в бане выдерживают, пока красно-фиолетовая окраска, постепенно изменяясь, не достигнет окраски типового раствора. После этого цилиндр вынимают из бани и визуально сравнивают окраску испытуемого и типового растворов, подложив под цилиндры лист белой бумаги. Время совпадения окраски принимают за окончание реакции окисления. Время (в минутах), проходящее от момента добавления к спирту раствора перманганата до конца реакции, указывает продолжительность окисления, или «число окисления».

«Число окисления» дает лишь приблизительное представление о чистоте спирта, не решая вопроса о характере и количестве примесей.

При испытании спирт не должен подвергаться действию прямых солнечных лучей, так как это неблагоприятно сказывается на данной пробе. Несмотря на условность пробы на окисляемость, остается несомненным, что при хорошем качестве спирта потеря красной окраски наступает позже, чем при низком его качестве.

Отчет

Отчет о проделанных работах должен содержать цель, методику их выполнения, основные теоретические положения и полученные студентом результаты.

Задания для самостоятельной проработки

По указанию преподавателя студенты анализируют спирт-ректификат и устанавливают, к какому товарному сорту он принадлежит.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие спирты содержатся в винах, в чем заключается их технологическое значение?
2. Какая существует зависимость между плотностью и содержанием спирта в растворе и где эта зависимость используется?
3. Что представляет собой спирт-ректификат и каким требованиям он должен удовлетворять согласно ГОСТу?
4. Каковы основные физические, химические и технологические свойства спирта?
5. Какие Вы знаете методы испытания спирта-ректификата?
6. Как анализируется спирт на цвет и прозрачность, как определяют запах и вкус спирта?
7. Каким способом устанавливают содержание этилового спирта в спирте-ректификате?
8. Что представляет собой металлический спиртомер и как им определяют концентрацию спирта?
9. Какова химическая сущность пробы на чистоту с сульфатной кислотой и пробы на окисляемость перманганатом калия, как эти пробы проводятся?

ВАКУУМ-СУСЛО

Вакуум-сусло применяется в производстве некоторых типов вин как купажный материал для доведения сахаристости вин до установленных кондиций.

РАБОТА № 46. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ И САХАРИСТОСТИ ВАКУУМ-СУСЛА

Принадлежности к работе. Пикнометр на 100 мл, дистиллированная вода, аналитические весы.

Относительную плотность вакуум-сусла определяют пикнометрическим методом, предварительно устанавливая «водное число»

пикнометра, как описано в работе № 1. Затем на аналитических весах берут навеску 20%-ного раствора вакуум-сусла в размере $\frac{1}{5}$ от массы дистиллированной воды в объеме пикнометра. Вакуум-сусло переносят в пикнометр, смывая остатки со стенок посуды, в которой производилось взвешивание, горячей водой, охлаждают до комнатной температуры, помещают пикнометр в водяную баню при температуре 20°С и после установления температуры 20°С в пикнометре выдерживают при этой температуре 15 мин. Жидкость в пикнометре доводят до метки, взвешивают пикнометр и вычисляют относительную плотность 20%-ного раствора при 20°С по формуле $d_{20}^{20} = (m_3 - m_1) / (m_2 - m_1)$, где m_3 — масса пикнометра с 20%-ным раствором вакуум-сусла, г.

Таблица 30. Относительная плотность виноградного вакуум-сусла

d_{20}^{20} 20%-ного раствора вакуум-сусла	Четвертый десятичный знак									
	0,0000	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005	0,0006	0,0007	0,0008	0,0009
1,0470	1,2924	1,2932	1,2938	1,2947	1,2953	1,2962	1,2971	1,2977	1,2986	1,2992
1,0480	1,3000	1,3010	1,3018	1,3025	1,3031	1,3040	1,3049	1,3055	1,3064	1,3070
1,0490	1,3078	1,3087	1,3093	1,3103	1,3109	1,3118	1,3127	1,3133	1,3142	1,3148
1,0500	1,3157	1,3166	1,3172	1,3182	1,3188	1,3197	1,3206	1,3212	1,3221	1,3227
1,0510	1,3236	1,3246	1,3252	1,3261	1,3267	1,3276	1,3286	1,3292	1,3301	1,3307
1,0520	1,3319	1,3329	1,3335	1,3344	1,3350	1,3360	1,3369	1,3375	1,3384	1,3391
1,0530	1,3400	1,3409	1,3415	1,3425	1,3431	1,3440	1,3450	1,3456	1,3465	1,3472
1,0540	1,3481	1,3490	1,3497	1,3506	1,3512	1,3522	1,3531	1,3538	1,3547	1,3553
1,0550	1,3563	1,3572	1,3579	1,3588	1,3594	1,3604	1,3614	1,3620	1,3630	1,3636
1,0560	1,3645	1,3661	1,3661	1,3671	1,3677	1,3677	1,3696	1,3703	1,3713	1,3719
1,0570	1,3728	1,3738	1,3745	1,3754	1,3761	1,3770	1,3780	1,3786	1,3796	1,3803
1,0580	1,3812	1,3822	1,3828	1,3838	1,3844	1,3855	1,3864	1,3871	1,3880	1,3887
1,0590	1,3897	1,3906	1,3913	1,3929	1,3929	1,3949	1,3955	1,3965	1,3965	1,3972
1,0600	1,3985	1,3995	1,4001	1,4011	1,4018	1,4028	1,4038	1,4044	1,4054	1,4061
1,0610	1,4071	1,4081	1,4087	1,4097	1,4104	1,4114	1,4128	1,4130	1,4140	1,4149
1,0620	1,4157	1,4167	1,4174	1,4184	1,4190	1,4200	1,4210	1,4217	1,4227	1,4234
1,0630	1,4244	1,4254	1,4261	1,4271	1,4278	1,4287	1,4298	1,4305	1,4314	1,4321
1,0640	1,4332	1,4341	1,4348	1,4357	1,4365	1,4375	1,4386	—	—	—

Зная d_{20}^{20} 20%-ного раствора вакуум-сусла, по табл. 30 можно с учетом разбавления определить d_{20}^{20} вакуум-сусла любой концентрации, а по специальным таблицам найти сахаристость вакуум-сусла.

Отчет

Отчет о проделанной работе должен содержать цель, методику выполнения работы, основные теоретические положения и полученные студентом результаты.

Задания для самостоятельной проработки

По указанию преподавателя студенты устанавливают относительную плотность и сахаристость вакуум-сусла.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой вакуум-сусло, как его получают и для каких целей применяют в виноделии?
2. Как определяют относительную плотность вакуум-сусла?
3. Как определяют содержание сухих веществ и сахара в виноградном вакуум-сусле?

ВИННАЯ КИСЛОТА

Контролируя качество винной кислоты, определяют процентное содержание ее и содержание в кислоте золы.

РАБОТА № 47. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВИННОЙ КИСЛОТЫ

Принадлежности к работе. Бюретка вместимостью 50 мл; весы лабораторные аналитические; воронки стеклянные; колбы мерные вместимостью 100 мл; колбы конические вместимостью 250 мл; пипетки на 10 мл; промывалка с резиновой грушей; стаканчики для взвешивания (бюксы); вода дистиллированная; 0,1 н. раствор гидроксида натрия; 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина.

Из средней пробы винной кислоты берут в сухой стаканчик около 2 г и взвешивают с погрешностью не более 0,0002 г. Навеску из стаканчика количественно переносят в мерную колбу вместимостью 100 мл, смывая ее дистиллированной водой из промывалки. После растворения кристаллов объем раствора в колбе доводят дистиллированной водой до метки и содержимое тщательно перемешивают. Отбирают в коническую колбу 10 мл этого раствора и титруют 0,1 н. раствором гидроксида натрия в присутствии фенолфталеина до слабого розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин.

Содержание винной кислоты $x_{в.к}$ (в %) вычисляют по формуле $x_{в.к} = 0,0075V \cdot 10 \cdot 100/m$, где 0,0075 — количество винной кислоты, соответствующее 1 мл 0,1 н. раствора NaOH, г; V — объем 0,1 н. раствора NaOH, израсходованный на титрование, мл; m — навеска винной кислоты, г.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений. Допускаемое расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,2%.

РАБОТА № 48. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЗОЛЫ

Принадлежности к работе. Весы лабораторные аналитические; печь муфельная; плитка электрическая; тигель фарфоровый низкий № 5; щипцы тигельные; эксикатор; 10%-ный раствор нитрата аммония; хлорид кальция плавленный (предварительно прокаленный).

Навеску винной кислоты массой приблизительно 2—3 г взвешивают с погрешностью не более 0,0002 г в фарфоровом тигле, осторожно озоляют (сжигают) и прокаливают при темно-красном калении в муфельной печи.

Тигель предварительно доводят прокаливанием до постоянной массы. После первого прокаливания и охлаждения содержимое тиг-

ля осторожно смачивают тремя каплями 10%-ного раствора нитрата аммония, подсушивают и прокаливают до постоянной массы.

Количество золы x_3 (в %) вычисляют по формуле $x_3 = (m_2 - m_1) \cdot 100/m$, где m_2 — масса тигля с золой, г; m_1 — масса пустого тигля, г; m — навеска винной кислоты, г.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений. Допускаемое расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,03 %.

Отчет

Отчет должен содержать цель, методику выполнения работы, основные теоретические положения и полученные студентом результаты.

Результаты измерений заносят в следующую таблицу:

Наименование образца	Количество щелочи, мл	Содержание винной кислоты, %	Масса тигля, г		Содержание в винной кислоте золы, %
			с золой	пустого	

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Студенты определяют содержание винной кислоты и золы в технической винной кислоте.

Дополнительные задания. Студенты определяют содержание золы в виннокислой извести.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой винная (виннокаменная) кислота?
2. Как определяют содержание чистой винной кислоты в технической винной кислоте?
3. Как определяют содержание золы в винной кислоте?

ЛИМОННАЯ КИСЛОТА

Исследуя качество лимонной кислоты, определяют содержание ее в технической кислоте и содержание в ней золы.

РАБОТА № 49. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ

Принадлежности к работе. Весы аналитические; ступка фарфоровая; стаканчики для взвешивания (бюксы); колбы мерные вместимостью 100 мл; 0,1 н. раствор гидроксида калия или натрия; 1%-ный раствор фенолфталеина в 60%-ном этиловом спирте; вода дистиллированная.

Для определения содержания лимонной кислоты из средней пробы технической лимонной кислоты, растертой в сухой и чистой фарфоровой ступке, берут в чистый сухой стаканчик навеску около

2 г, взвешенную на аналитических весах. Навеску из стаканчика количественно переносят в мерную колбу на 100 мл, смывая ее дистиллированной водой из промывалки.

После растворения кристаллов объем раствора в колбе доводят до метки и тщательно перемешивают. Титруют 10 мл этого раствора 0,1 н. раствором гидроксида натрия или калия в присутствии фенолфталеина до слабого розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин.

Содержание лимонной кислоты $x_{л.к}$ (в %) вычисляют по формуле $x_{л.к} = V \cdot 0,007 \cdot 10 \cdot 100/G$, где V — объем раствора NaOH или KOH, израсходованного на титрование, в пересчете на 0,1 н. раствор, мл; 0,007 — количество лимонной кислоты (моногидрата), соответствующее 1 мл 0,1 н. раствора NaOH или KOH, г; G — навеска лимонной кислоты, г. За окончательный результат принимают среднее арифметическое двух параллельных определений, расхождение между которыми не должно превышать 0,1 %.

РАБОТА № 50. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЗОЛЫ

Принадлежности к работе. Печь муфельная, весы аналитические, плитка электрическая, горелка газовая, тигель фарфоровый диаметром 30—35 и высотой 50—55 мм, 10%-ный раствор нитрата аммония.

Для определения содержания золы 2—3 г лимонной кислоты, взвешенные на аналитических весах в фарфоровом тигле, осторожно озоляют и прокаливают при темно-красном калении в муфельной печи или на газовой горелке. Тигель предварительно доводят прокаливанием до постоянной массы. После первого прокаливания и охлаждения содержимое тигля осторожно смачивают тремя каплями 10%-ного раствора нитрата аммония, подсушивают и прокаливают до постоянной массы.

Количество золы x_z (в %) вычисляют по формуле $x_z = (G_2 - G_1) 100/G$, где G_2 — масса тигля с золой, г; G_1 — масса пустого тигля, г; G — навеска лимонной кислоты, г.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое двух параллельных определений, расхождение между которыми не превышает 0,02 %.

Отчет

Отчет должен содержать цель, методику выполнения работы, основные теоретические положения и полученные студентом результаты.

Результаты измерений заносят в следующую таблицу:

Наименование образца	Количество щелочи, мл	Содержание лимонной кислоты, %	Масса тигля, г		Содержание в лимонной кислоте золы, %
			с золой	пустого	

Задания для самостоятельной проработки

По заданию преподавателя студенты определяют содержание лимонной кислоты и золы в технической лимонной кислоте.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой лимонная кислота, для каких целей применяют лимонную кислоту в виноделии?
2. Как определяют содержание чистой лимонной кислоты в технической лимонной кислоте?
3. Как определяют содержание золы в лимонной кислоте?

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ (ОКЛЕЙКИ) ВИНА

Применяемые для оклейки вина бентонит, желатин, рыбий клей, альбумин и т. д. имеют различный состав и физико-химические свойства.

При контроле качества этих материалов проводят их органолептическую оценку, определяют содержание золы, железа и других примесей.

РАБОТА № 51. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА БЕНТОНИТА И ДРУГИХ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Принадлежности к работе. Весы аналитические; бюксы металлические; сушильный шкаф; рН-метр; мерный цилиндр на 100 мл; фарфоровая ступка; колбы Кьельдаля на 10 мл; аппарат Кьельдаля для отгонки аммиака; 0,01 н. раствор и концентрированная сульфатная кислота; 0,01 н. и 33%-ный растворы гидроксида натрия; селен металлический; индикаторы (100 мл 0,1%-ного спиртового раствора метилового красного и 25 мл 0,1%-ного спиртового раствора метиленового голубого; 0,1%-ный раствор метилового оранжевого); 0,5%-ный раствор калия кислого виннокислого (рН 3,56); 0,5%-ный раствор желатина в 0,5%-ном растворе кислого виннокислого калия; 25%-ный раствор аммиака; фильтры; бюретки; насыщенный раствор шавелевокислого аммония; 0,01 н. раствор марганцовокислого калия (перманганата); фотоэлектроколориметр; железоаммонийные квасцы, стандартный раствор; 10%-ный раствор соляной кислоты; 1%-ный раствор гексациано-(П)-феррата калия (красной кровяной соли, ККС); 30%-ный раствор пероксида водорода.

Органолептическая оценка

Размешивают 5 г испытуемого минерала в 100 мл дистиллированной воды и кипятят в течение 1—2 мин. Остывшую жидкость взбалтывают и дают возможность отстояться. Декантированную жидкость проверяют на присутствие постороннего запаха и вкуса. Затем анализ повторяют, но воду заменяют сухим вином и кипячение не проводят.

Определение содержания влаги

Около 5 г минерала помещают в предварительно взвешенный бюкс и определяют общую массу на аналитических весах. Бюкс помещают в сушильный шкаф и выдерживают при температуре 105—110° С. Через каждые 2 ч бюкс с навеской переносят в экс-

катор и после охлаждения взвешивают. Высушивание считают законченным, когда разница между двумя последующими взвешиваниями не будет превышать 0,005 г.

Содержание влаги W (в %) вычисляют по формуле $W = (B - C) \cdot 100 / (B - A)$, где B — масса бюкса с навеской до высушивания, г; C — масса бюкса с навеской после высушивания, г; A — масса пустого бюкса, г.

Определение pH

Размешивают 2 г минерала в течение 5 мин в 100 мл дистиллированной воды. Осветленную жидкость декантируют и определяют в ней величину pH при помощи pH-метра.

Определение набухаемости

Заливают 20 г минерала небольшим количеством дистиллированной воды и хорошо растирают стеклянной палочкой во избежание образования комочков. Полученную однородную массу разбавляют дистиллированной водой в таком количестве, чтобы объем суспензии составлял 200 мл. Хорошо перемешанную суспензию наливают в градуированный цилиндр на 100 мл до метки и оставляют в покое на 24 ч. По истечении этого срока определяют объем осадка в цилиндре.

Набухаемость H (в %) определяют по формуле $H = (A/B) \cdot 100$, где A — объем суспензии, мл; B — объем осадка, мл.

Определение сорбции протеинов

В две мерные колбы на 50 мл наливают по 35—40 мл 0,5%-ного раствора желатина и добавляют в первую колбу 2 мл 5%-ной водной суспензии минерала, а во вторую — 2 мл дистиллированной воды. Содержимое обеих колб доводят раствором желатина до метки, перемешивают и отстаивают 24 ч. Затем растворы фильтруют и отбирают по 1 мл фильтрата для определения содержания общего азота.

В колбу Кьельдаля наливают 1 мл фильтрата, 1 мл концентрированной сульфатной кислоты, вносят несколько крупинок селена (катализатор) и сжигают до полного обесцвечивания. Содержимое колбы Кьельдаля вместе с ополосками переносят в аппарат для перегонки и добавляют около 10 мл 33%-ного раствора гидроксида натрия. Предварительно в приемную колбу наливают 10 мл 0,01 н. раствора сульфатной кислоты и погружают в нее конец форштосса холодильника.

Перегонку ведут 10 мин с момента начала бурного кипения. Отгон оттитровывают 0,01 н. раствором щелочи в присутствии 2—3 капель индикатора.

Расчет количества азота N (в мг/л) проводят по формуле $N = (10 - A) \cdot 0,14 \cdot 1000$, где 10 — количество сульфатной кислоты

в приемной колбе, мл; A — количество гидроксида натрия, пошедшее на титрование, мл; 0,14 — количество азота, соответствующее 1 мл 0,01 н. раствора кислоты, мг.

Величину сорбции протеинов x (в %) вычисляют по формуле $x = (A - B) \cdot 100/A$, где A — содержание общего азота в исходном растворе, мг/л; B — содержание общего азота в растворе после обработки минералом, мг/л.

Определение содержания кальция

Размешивают 20 г измельченного в ступке минерала в 300 мл дистиллированной воды и через 15 мин при помешивании приливают 40 мл ледяной уксусной кислоты. Через 8—10 ч суспензию фильтруют в мерную колбу на 500 мл, осадок промывают несколько раз небольшими порциями дистиллированной воды и объем фильтрата доводят дистиллированной водой до метки.

В выпарную чашку помещают 25 мл фильтрата (что соответствует 1 г минерала), нейтрализуют аммиаком до pH 3,0—4,5 (по метилоранжу) и нагревают на водяной бане. В горячий раствор добавляют по каплям 5 мл насыщенного раствора щавелевокислого аммония, размешивают и продолжают нагрев в течение 30 мин. Образовавшийся осадок фильтруют через стеклянный фильтр № 3 при отсасывании и промывают 3—4 раза горячей водой (по 10 мл). Осадок на фильтре растворяют горячим раствором сульфатной кислоты (1:4) и титруют 0,01 н. раствором перманганата калия до появления розовой окраски.

Содержание кальция x_{Ca} (в мг на 100 г минерала) рассчитывают по формуле $x_{Ca} = AK \cdot 0,2 \cdot 100$,

где A — количество раствора перманганата калия, пошедшее на титрование, мл;

K — коэффициент поправки 0,01 н. раствора перманганата калия;

0,2 — количество кальция, соответствующее 1 мл 0,01 н. раствора перманганата калия, мг;

100 — коэффициент пересчета.

Определение содержания железа

В мерную колбу на 100 мл наливают 25 мл фильтрата, полученного, как и при определении содержания кальция. Добавляют 5 мл 10%-ного раствора соляной кислоты, 1—2 капли пероксида водорода, 4 мл 1%-ного раствора ККС и доводят дистиллированной водой до метки. Через 30 мин, применяя красный светофильтр (длина волны 636 нм), определяют на фотоэлектроколориметре оптическую плотность возникшей синей окраски в кювете толщиной 1 см. Для сравнения используют исходный фильтрат, подкисленный соляной кислотой (к 10 мл фильтрата добавляют 0,5 мл 10%-ной соляной кислоты).

Концентрацию железа определяют по калибровочной кривой, выражающей зависимость между оптической плотностью и кон-

центрацией железа в стандартном растворе¹, рассчитанную в мг/л. Для построения калибровочной кривой в шесть мерных колб на 100 мл отбирают соответственно 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мл стандартного раствора железоммонийных квасцов, добавляют по 10 мл 10%-ного раствора соляной кислоты, 1 каплю пероксида водорода и 4 мл 1%-ного раствора ККС. Содержимое всех колб доводят до метки дистиллированной водой и через 30 мин колориметрируют. Раствором сравнения служит дистиллированная вода.

Содержание железа x_{Fe} (в мг на 100 г минерала) определяют по формуле $x_{\text{Fe}} = CK \cdot 2,5$, где C — концентрация железа, найденная по калибровочной кривой, мг/л; K — коэффициент разбавления (если для анализа брали 25 мл фильтрата, то $K=4$); 2,5 — коэффициент пересчета.

Определение щелочности

Испытуемый дисперсный минерал в количестве 20 г помещают в колбу, заливают 500 мл дистиллированной воды и оставляют на сутки. Затем содержимое колбы хорошо перемешивают и титруют 0,1 н. раствором сульфатной кислоты в присутствии фенолфталеина до исчезновения розовой окраски.

Количество израсходованной кислоты (в мл) умножают на 5 и получают величину, характеризующую щелочность 100 г бентонита.

Отчет

Отчет должен содержать цель, методику выполнения работы, основные теоретические положения и полученные студентом результаты.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Студенты определяют качество бентонита.

Дополнительные задания. Студенты подвергают анализу палыгорскит, гидрослоду и другие дисперсные минералы и сравнивают полученные результаты между собой.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие дисперсные минералы применяют для осветления и стабилизации вин?
2. Каков механизм осветляющего и стабилизирующего действия дисперсных минералов в вине?
3. Каким требованиям должны удовлетворять бентонит и другие дисперсные минералы, применяемые в винодельческой промышленности?
4. Как определяют содержание в дисперсных материалах кальция и железа?
5. В чем состоит определение сорбции протеинов дисперсными материалами?
6. На чем основано определение рН и щелочности дисперсных минералов?

¹ Для приготовления стандартного раствора железа 0,864 г $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ растворяют в мерной колбе на 1 л, добавляют 4 мл концентрированной сульфатной кислоты и объем доводят дистиллированной водой до метки. 1 мл такого раствора содержит 0,1 мг железа.

РАБОТА № 52. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ЖЕЛАТИНА

Принадлежности к работе. Фарфоровая ступка, сушильный шкаф, муфельная печь, водяная баня, пробирка.

Определение запаха

Для определения запаха желатина готовят 10%-ный водный его раствор. Раствор желатина переливают в пробирку, нагревают в водяной бане до 60—65°С и затем устанавливают наличие или отсутствие запаха.

Определение содержания влаги

Желатин измельчают в ступке, 2—3 г измельченного желатина сушат в течение 6 ч при температуре 105—110°С. Содержание влаги W (в %) определяют по формуле $W = (A - A_1) \cdot 100 / (A - A_2)$, где A — масса бюкса с навеской до высушивания, г; A_1 — масса бюкса с навеской после высушивания, г; A_2 — масса пустого бюкса, г.

Определение содержания золы

Навеску 3 г измельченного желатина озоляют в муфельной печи до постоянной массы. Зольность x_z (в %) вычисляют по формуле $x_z = A_z \cdot 100 / C$, где C — навеска желатина, г; A_z — масса золы, г.

Отчет

Отчет должен содержать цель, методику выполнения работы, основные теоретические положения и полученные студентом результаты.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Студенты определяют запах, влажность и зольность желатина.

Дополнительные задания. По указанию преподавателя студенты подвергают анализу рыбий клей и альбумины различного происхождения (яичного белка, крови и т. д.) и результаты сравнивают между собой.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова химическая природа желатина?
2. Для чего необходимо желатин подвергать анализу?

РАБОТА № 53. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ТАНИНА

Принадлежности к работе. Тигель; муфельная печь; аналитические весы; 1 н. раствор и концентрированная соляная кислота; концентрированная нитратная кислота, 5%-ный раствор роданистого калия; мерная колба на 50 мл; цилиндры на 1 л; перманганат калия; раствор сульфатной кислоты 1 : 10; раствор индигокармина.

Определение содержания золы

Навеску 2 г танина количественно переносят в тигель и озоляют в муфельной печи. Остывшую золу взвешивают на аналитических весах. Зольность танина x_3 вычисляют по формуле $x_3 = (A - A_1) \times 100 / (A_2 - A_1)$, где A — масса тигля с золой, г; A_1 — масса пустого тигля, г; A_2 — масса тигля с танином, г.

Определение содержания железа

Навеску 2 г танина озоляют в муфельной печи, золу обрабатывают 1 мл 1 н. раствора соляной кислоты, 1 каплей концентрированной нитратной кислоты, нагревают на водяной бане и количественно переносят в мерную колбу на 50 мл. Содержимое колбы доводят дистиллированной водой до метки (раствор № 1).

К 10 мл раствора № 1 прибавляют 2 мл 5%-ного раствора роданистого калия и 1 мл концентрированной соляной кислоты. Возникающая окраска должна быть более слабой, чем в контрольном растворе, содержащем 1 мл раствора трехвалентного железа с концентрацией 0,01 г/л, 9 мл воды и такие же количества реагентов, как и в исследуемой пробе.

Определение содержания посторонних примесей

Готовят раствор, содержащий 4 г/л танина. В 3 цилиндра вместимостью 1 л наливают по 600 мл воды, 100 мл сульфатной кислоты (1 : 10), 25 мл раствора индигокармина (3 г сухого индигокармина растворяют в 100 мл воды, добавляют 105 мл концентрированной сульфатной кислоты и разбавляют до 1 л водой, раствор фильтруют через трехслойный фильтр). Один цилиндр служит контролем. Во второй цилиндр приливают 10 мл 0,4%-ного раствора чистого танина, в третий — 10 мл 0,4%-ного раствора исследуемого танина. Содержимое всех трех цилиндров титруют 0,1 н. раствором перманганата калия до появления желто-зеленой окраски.

Количество активной фракции танина x_T вычисляют по формуле $x_T = (A_3 - A_1) \cdot 100 / (A_2 - A_1)$, где A_1, A_2, A_3 — количества 0,1 н. раствора перманганата калия, пошедшие на титрование содержимого 1, 2 и 3-го цилиндров, мл.

Отчет

Отчет должен содержать цель, методику выполнения работы, основные теоретические положения и полученные студентом результаты.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Студенты определяют зольность танина, а также наличие в нем посторонних примесей и устанавливают его соответствие техническим требованиям.

Дополнительные задания. По указанию преподавателя студенты анализируют различные образцы танина.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова химическая природа танина?
2. В чем состоит технологическое значение танина?

ФИЛЬТР-КАРТОН

Фильтр-картон применяется для фильтрации соков и вин, и от его качества в значительной мере зависит прозрачность продукта.

РАБОТА № 54. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПРОХОЖДЕНИЯ ВОДЫ ЧЕРЕЗ ФИЛЬТР-КАРТОН

Принадлежности к работе. Установка, состоящая из баллона со сжатым воздухом (или каким-либо инертным газом), редуктора регулирования давления в системе, бачка с манометром для дистиллированной воды, зажима для образца картона, системы соединительных шлангов.

Из картона вырезают кружки диаметром, равным диаметру зажима, и смачивают водой. В зажим устанавливают поддерживающую сетку № 24 и на нее кладут смоченный водой образец. Рабочая поверхность исследуемого образца должна быть не менее $3,1 \text{ см}^2$.

В бачок заливают около 2 л дистиллированной воды при температуре 20°C , отвод герметически закрывают вентилем и, подавая газ через редуктор, в системе создают давление, равное $0,1 \text{ МПа}$ (1 кгс/см^2). Затем открывают вентиль нижнего отвода и воду под давлением $0,1 \text{ МПа}$ подают на образец картона сверху. Вода проходит через образец картона и вытекает через нижний штуцер зажима в мерный сборник. Порции воды, прошедшие в течение первой минуты, не учитываются. Замеряют количество воды, прошедшее через образец картона за две последующие минуты.

Скорость прохождения (расход) воды через фильтр-картон выражают в литрах, прошедших через 1 м^2 картона в минуту.

Отчет

Отчет должен содержать цель, методику выполнения работы, основные теоретические положения и полученные студентом результаты.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Студенты исследуют фильтр-картон и устанавливают, насколько он отвечает техническим требованиям.

Дополнительные задания. По указанию преподавателя студенты исследуют фильтр-картаны различных марок и сопоставляют полученные результаты.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каким требованиям должен удовлетворять фильтр-картон, применяемый в винодельческой промышленности?
2. Как определяют скорость прохождения воды через фильтр-картон?

БУТЫЛКИ

Качество бутылок оказывает влияние на органолептические показатели вина и на его сохранность. Кроме механической прочности имеют большое значение устойчивость бутылок к изменению температуры и химическая стойкость стекла.

РАБОТА № 55. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА БУТЫЛОК

Определение термической устойчивости

Партию бутылок помещают на 5 мин горлышком вниз в воду, нагретую до 60°C , затем на 5 мин в воду, нагретую до 27°C . Во время испытания температура воды должна быть постоянной. На перенос бутылок из воды с одной температурой в другую должно быть затрачено не более 10 с.

Бутылки для розлива игристого вина после выдержки при температуре 15°C в течение 5 мин погружают на такой же срок в воду, нагретую до 60°C , а затем в воду, нагретую до 40°C , и, наконец, в воду при 15°C .

Бутылки считают выдержавшими испытание, если не менее 98% их не растрескалось.

Определение химической устойчивости

Не менее 5 бутылок тщательно промывают горячей водой, трижды ополаскивают дистиллированной водой и наполняют на $\frac{3}{4}$ объема раствором, содержащим 5 капель 0,2%-ного спиртового раствора метилового красного и 1 мл 0,1 н. раствора соляной кислоты.

Бутылки с розовым раствором нагревают в течение 30 мин на кипящей водяной бане. Если раствор обесцветился, то к нему вновь прибавляют 5 капель раствора метилового красного. Если раствор останется розовым, то бутылки считаются химически устойчивыми. В случае изменения окраски на желтую или оранжевую бутылки химически не устойчивы.

Определение сопротивления внутреннему давлению

Испытание проводят при строгом соблюдении правил техники безопасности. Не менее 100 бутылок, заполненных до верха горла водой, испытывают на гидравлическом прессе, снабженном манометром с контрольной стрелкой. Бутылки находятся в подвешенном положении без донного упора. Повышение давления в бутылках до требуемого предела должно продолжаться 10—15 с. Достигнутое максимальное внутреннее давление удерживают 1 мин. Показание записывают по положению контрольной стрелки манометра. Бутылки для резервуарного игристого вина должны выдерживать сопротивление внутреннему избыточному давлению не менее 1,4 МПа (14 кгс/см²), а для бутылочного — не менее 1,7 МПа.

Если не менее 99% бутылок не растрескалось, то вся партия их принимается заводом-получателем.

Отчет

Отчет о проделанной работе должен содержать цель, методику выполнения работы, основные теоретические положения и полученные студентом результаты.

Задания для самостоятельной проработки

Студенты подвергают исследованию винную и шампанскую бутылки на термическую устойчивость и химическую стойкость.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каким требованиям должны удовлетворять бутылки для розлива соков, вин и коньяка?
2. Как определяют термическую и химическую устойчивость и сопротивление внутреннему давлению бутылок, предназначенных для розлива продуктов виноделия?

Глава V. РАСЧЕТЫ СОСТАВА МАТЕРИАЛОВ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ¹

СПИРТОВАНИЕ СУСЛА

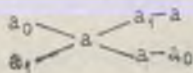
Расчеты спиртования виноградных сусел проводят для того, чтобы обеспечить заданные кондиции по спирту крепленого небродившего сусла (мистеля) или крепленого виноматериала, полученного из сусла с частично сброженным сахаром.

При расчете спиртования небродившего сусла решают одну из двух задач: а) устанавливают объем ректификованного спирта v_1 , который необходимо внести в заданный объем сусла v_2 для получения смеси необходимой кондиции a ; б) устанавливают объемы спирта и сусла для получения заданного объема смеси v пужной концентрации.

При расчете спиртования бродящего сусла устанавливают: а) объем спирта-ректификата v_1 для спиртования сусла в процессе брожения; б) момент внесения этого спирта в бродящее сусло, чтобы обеспечивались заданные кондиции по спирту a и сахару C в крепленом виноматериале (смеси).

¹ В этих расчетах пользуются терминами: «купаж», «компонент» и «показатель состава». Купаж — смесь различных материалов определенного состава, удовлетворяющая технологическим требованиям. Компоненты — отдельные материалы, вводимые в смесь (различные виноматериалы, спирт, соковые концентраты, сахар, вода и др.). Показатели состава — концентрации отдельных составных частей в компонентах и купажах (спирт, сахар, кислоты и др.) или их физико-химические свойства (рН, оптическая плотность и др.).

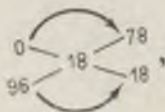
Этот расчет может быть выполнен с помощью мнемонической формулы, так называемой «звездочки». Для составления «звездочки» производят следующую запись:



где a — содержание спирта в смеси; a_0 — содержание спирта в сусле (если сусло не бродило и не подвергалось промежуточному спиртованию, то $a_0=0$); a_1 — крепость спирта-ректификата; $a_1 - a$ и $a - a_0$ — количественные соотношения сусла и спирта-ректификата, при которых обеспечивается заданная крепость смеси.

Пример 27. Требуется определить количество спирта-ректификата v_1 крепостью 96% об. для спиртования 1000 дал сусла до крепости 18% об.

По заданным кондициям строим «звездочку»



которая показывает, что для получения крепленого сусла с содержанием спирта 18% об. необходимо смешать 78 объемных частей сусла с 18 объемными частями спирта-ректификата.

Следовательно, количество спирта v_1 , потребное для спиртования 1000 дал сусла, составит $v_1 = 1000 \cdot 18 / 78 = 231$ дал.

Количество спирта для спиртования заданного объема небродящего сусла можно вычислить также по формуле, следующей из рассмотренного выше решения: $v_1 = v_2(a - a_0) / (a_1 - a) = 1000 \times (18 - 0) / (96 - 18) = 231$ дал.

В том случае, когда задан определенный объем спиртованного сусла v , например 1500 дал, количество каждого из компонентов в смеси определится следующим образом: спирта $v_1 = 1500 \cdot 18 / (18 + 78) = 281,25$ дал; сусла $v_2 = 1500 \cdot 78 / (18 + 78) = 1218,75$ дал.

При спиртовании сусла произойдет сжатие объема смеси (контракция). Чтобы обеспечить получение заданного объема спиртованного сусла $v = 1500$ дал, необходимо объем исходного сусла v_2 увеличить на величину контракции. Введя поправку на контракцию, получим: $v_2^k = 1218,75 [1 + 0,0008 (18 - 0)] = 1236,3$ дал.

Для того чтобы убедиться в правильности результатов расчета, проводят контрольное вычисление показателя состава смеси на основании полученных данных для объема каждого компонента, входящего в смесь. Показатель состава смеси вычисляют как отношение к общему объему смеси суммы произведений ранее найденных объемов каждого компонента на показатели его состава.

Такой способ проверки принят для всех, в том числе и более сложных, случаев расчета многокомпонентных систем, рассматриваемых ниже.

Проведем проверку расчета для приведенных выше примеров:

$$a = 231 \cdot 96 / (1000 + 231) = 18,0\% \text{ об.};$$

$$a = 281,25 \cdot 96 / 1500 = 18,0\% \text{ об.}$$

РАБОТА № 57. РАСЧЕТ СПИРТОВАНИЯ БРОДЯЩЕГО СУСЛА

При расчете спиртования бродящего сусла учитывают два показателя состава: спиртуозность и сахаристость, которые в процессе брожения изменяются по времени. Поэтому мнемоническая формула «звездочка» для этого случая непригодна. Расчет спиртования бродящего сусла проводят по специальным формулам.

В практике виноделия имеют дело с двумя основными случаями расчета спиртования бродящих сусел.

Первый случай — когда задано количество сусла, подлежащего спиртованию v_2 , и требуется определить количество спирта v_1 и момент спиртования.

Количество спирта, потребное для спиртования бродящего сусла, вычисляют по следующей формуле:

$$v_1 = v_2 [a - 0,6 (C_1 - C)] / [a_1 - (a + 0,6 C)], \quad (18)$$

где a — содержание спирта в крепленном сусле (смеси), % об.; a_1 — крепость спирта-ректификата, % об.; C — содержание сахара в смеси, г на 100 мл; C_1 — содержание сахара в исходном сусле, г на 100 мл; 0,6 — выход абсолютного спирта при сбраживании 1 г инвертного сахара, мл.

Момент спиртования показывает, когда необходимо внести вычисленное количество спирта v_1 , чтобы остановить брожение и обеспечить заданные кондиции смеси по спирту и сахару. Момент спиртования может быть установлен по крепости бродящего сусла a_5 или по содержанию в нем сахара C_5 .

Для вычисления момента спиртования пользуются следующими формулами:

$$\text{по крепости сусла } a_5 = 0,6 [C_1 v_2 - C (v_2 - v_1)] / v_2;$$

$$\text{по сахаристости сусла } C_5 = C (a_1 - 0,6 C_1) / [a_1 - (a + 0,6 C)].$$

Второй случай — когда дано количество спиртованного виноateriaла (смеси) v и требуется определить количество вносимого спирта v_1 , момент спиртования (a_5 или C_5) и количество сусла, подлежащего спиртованию.

В этом случае количество спирта вычисляют по следующей формуле:

$$v_1 = v [(a - 0,6 C_1) + 0,6 C] / (a_1 - 0,6 C_1). \quad (19)$$

Момент спиртования определяется по следующим формулам:

$$\text{по крепости сусла } a_5 = 0,6 [C_1 (v - v_1) - v C] / (v - v_1);$$

$$\text{по сахаристости сусла } C_5 = [C_1 (v - v_1) - v C] / (v - v_1) \text{ или } C_5 = a_5 / 0,6.$$

Количество сусла, идущего на спиртование, $v_2 = v - v_1$.

Пример 28. Дано 700 дал сусла с исходной сахаристостью $C_1=24$ г на 100 мл. Сусло необходимо заспиртовать ($a_1=96\%$ об.) с таким расчетом, чтобы получить виноматериал крепостью 20% об. и сахаристостью 8 г на 100 мл. Требуется определить количество спирта, потребное для спиртования v_1 , и момент спиртования по крепости a_5 и сахаристости C_5 бродящего сусла.

Количество спирта вычисляем по формуле (18): $v_1=700 \cdot [20-0,6(24-8)]/[96-(20+0,6 \cdot 8)]=102,25$ дал.

Момент спиртования по крепости $a_5=0,6[24 \cdot 700-8 \cdot (700-102,25)]/700=8,9\%$ об.

Момент спиртования по сахаристости $C_5=8,9/0,6=14,8\%$.

Проверим проведенный расчет: $a=(8,9 \cdot 700+96 \cdot 102,25)/(700+102,25)=20,0\%$ об.;

$C=700(24-14,8)/(700+102,25)=8,0$ г на 100 мл.

В данном примере контракцию можно не учитывать, поскольку объем купажа (спиртованного сусла) не задан.

Пример 29. Дано сусло с исходной сахаристостью $C=20$ г на 100 мл. Его необходимо заспиртовать в процессе брожения с таким расчетом, чтобы получить крепленый виноматериал крепостью $a=18\%$ об. и сахаристостью $C=12$ г на 100 мл в количестве $v=1000$ дал. Для спиртования используется пищевой спирт-ректификат крепостью $a_1=96,5\%$ об. Требуется вычислить количество спирта v_1 , момент спиртования по крепости a_5 и количество сусла, подлежащего спиртованию, v_2 .

Количество спирта определится по формуле (19): $v_1=1000[(18-0,6 \cdot 20)+0,6 \cdot 12]/(96,5-0,6 \cdot 20)=156$ дал.

Момент спиртования по крепости: $a_5=0,6[20(1000-156)-1000 \cdot 12]/(1000-156)=3,47\%$ об.

Количество сусла, подлежащего спиртованию: $v_2=1000-156=844$ дал.

Проверим проведенный расчет:

$a=(3,47 \cdot 844+96,5 \cdot 156)/1000=18,0\%$ об.;

$C=(20-3,47 : 0,6) \cdot 844/1000=12,0$ г на 100 мл.

Учитывая контракцию, получим: $v_2^*=844 [(1+0,0008(18-3,47))]=853,71$ да

Проверим расчет с учетом контракции:

$a=(3,47 \cdot 853,71+96,5 \cdot 156)/1000=18,0\%$ об.;

$C=(20-3,47 : 0,6) \cdot 853,71/1000=12,1$ г на 100 мл.

Результаты проверки показывают, что контракция несущественно влияет на состав спиртованного сусла и поправка на сжатие не выходит за пределы допустимых отклонений от кондиций.

Отчет

В отчете необходимо указать, к какому случаю расчета спиртования сусел относится выполненное задание, обосновать выбор расчетных формул и последовательно записать исходные данные и полученные результаты, включая их проверку.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. 1 — решение по заданию преподавателя примеров по расчету материалов для спиртования небродившего сусла; 2 — решение по заданию преподавателя примеров по различным случаям спиртования бродящего сусла.

Дополнительные задания. 1 — вывод формул для расчета количества материалов при различных случаях спиртования бродящего сусла; 2 — по полученным результатам расчета проведение спиртования бродящего сусла с последующей аналитической проверкой его кондиций по сахару и спирту.

1. Для чего спиртуют сусло?
2. Какие задачи решают при расчете спиртования небродившего и бродящего сусла?
3. Что находят в результате расчета спиртования бродящего сусла?
4. Почему расчет спиртования бродящего сусла нельзя провести по «звездочке»?

КУПАЖИРОВАНИЕ ВИНОГРАДНЫХ ВИН

Расчеты купажей проводят для установления количественных соотношений отдельных материалов, входящих в смесь, в результате чего обеспечивается получение готового купажа, строго отвечающего по своему составу установленным для него кондициям.

По степени сложности и приемам решения расчеты купажей виноградных вин условно подразделяют на группы в зависимости от количества одновременно учитываемых показателей состава.

РАБОТА № 58. РАСЧЕТЫ КУПАЖЕЙ, УЧИТЫВАЮЩИЕ ОДИН ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТАВА

Расчеты купажей, учитывающие какой-либо один показатель состава (содержание спирта, сахара или кислот), относятся к наиболее простому случаю. Эти расчеты удобно выполнять с помощью рассмотренной выше мнемонической формулы «звездочки».

Если в состав купажа входят три и большее число материалов, то для решения задачи составляют несколько «звездочек» при соблюдении следующих правил:

один из материалов, входящих в каждую «звездочку», должен иметь показатель состава больший, а другой — меньший, чем показатель состава смеси;

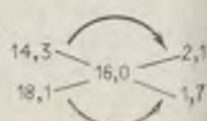
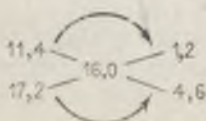
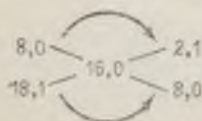
все заданные материалы должны быть введены в «звездочки»;

повторно вводить в «звездочки» следует те материалы, которые по технологическим или иным соображениям желательно использовать в данном купаже в наибольшем количестве;

количественные соотношения отдельных материалов в составе заданного купажа находят путем суммирования величин, полученных для каждого материала по всем «звездочкам», в которые этот материал входит.

Пример 30. Дано 5 виноматериалов с различным содержанием спирта (в % об.): 8; 11,4; 14,3; 17,2; 28,1. Из этих виноматериалов требуется получить купаж крепостью 16% об. в количестве 500 дал.

Для решения задачи составляем «звездочки» с соблюдением указанных выше правил:



«Звездочки» показывают, что для получения купажа крепостью 16% об. нужно взять следующие количества объемных частей заданных материалов:

крепостью	8% об.	— 2,1
»	11,4%	об. — 1,2
»	14,3%	об. — 2,1
»	17,2%	об. — 4,6
»	18,1%	об. — 8,0 + 1,7 = 9,7

Всего объемных частей — 19,7.

Следовательно, чтобы получить 500 дал заданного купажа, нужно смешать следующие количества виноматериалов (в дал):

$$500 \cdot 2,1/19,7 = 53,3; \quad 500 \cdot 1,2/19,7 = 30,5; \quad 500 \cdot 2,1/19,7 = 53,3;$$

$$500 \cdot 4,6/19,7 = 116,7; \quad 500 \cdot 9,7/19,7 = 246,2.$$

Проверка результатов расчета:

$$a = (8 \cdot 53,3 + 11,4 \cdot 30,5 + 14,3 \cdot 53,3 + 17,2 \cdot 116,7 + 18,1 \cdot 246,2)/500 = 16,0\% \text{ об.}$$

Контракцию в данном случае не учитывают, поскольку в состав купажа спирт не входит.

РАБОТА № 59. РАСЧЕТЫ КУПАЖЕЙ, УЧИТЫВАЮЩИЕ ДВА ПОКАЗАТЕЛЯ СОСТАВА

Данный случай является основным, так как в практике виноделия чаще всего приходится иметь дело с расчетами купажей, в которых учитывают одновременно два показателя состава: спирт и сахар или спирт и кислоту и др.

Расчеты купажей, учитывающие два показателя состава, могут выполняться тремя способами: алгебраическим, по специальным формулам и графическим. Каждый из этих способов имеет свои достоинства и недостатки.

Алгебраическое решение является универсальным. Оно пригодное для всех случаев, однако при значительном количестве материалов, входящих в купаж, осложняется и становится неудобным для практического применения. Графический метод прост, но связан с затратой времени на построение расчетных диаграмм для каждой отдельной задачи. Метод, основанный на использовании готовых формул, не всегда удобен, так как предусматривает применение различных формул для каждого отдельного типа задач.

Алгебраический метод

Алгебраическое решение купажных задач предусматривает составление системы уравнений, характеризующих баланс состава как по объему, так и по отдельным учитываемым показателям. Затем эти уравнения решают способами, принятыми в алгебре.

Пример 31. Даны три материала: сухой виноматериал крепостью 14,2% об.; бекмес, содержащий 62 г сахара в 100 мл, и спирт крепостью 96,5% об. Из этих материалов требуется получить купаж крепостью 17% об. и сахаристостью 8 г на 100 мл в количестве 2000 дал.

В соответствии с количеством материалов, входящих в купаж, составляем три уравнения с тремя неизвестными, обозначив v_1 — объем спирта, v_2 — бекмеса, v_3 — сухого виноматериала:

$$\begin{aligned}v_1 + v_2 + v_3 &= 2000; \\14,2v_3 + 96,5v_1 &= 17 \cdot 2000; \\62v_2 &= 8 \cdot 2000.\end{aligned}$$

Решив эти уравнения, получим следующие количества отдельных материалов в составе заданного купажа:

бекмеса $v_2 = 8 \cdot 2000 / 62 = 258$ дал;

виноматериала $v_3 = 2000 - v_1 - v_2 = 2000 - 258 - v_1 = 1742 - v_1$.

$$14,2(1742 - v_1) + 96,5v_1 = 3400;$$

$$82,3v_1 = 9250;$$

спирта $v_1 = 9250 / 82,3 = 112,4$ дал.

Виноматериала окончательно $v_3 = 1742 - 112,4 = 1629,6$ дал.

Проверим проведенный расчет:

$$a = (1629,6 \cdot 14,2 + 112,4 \cdot 96,5) / 2000 = 17,0\% \text{ об.};$$

$$C = 258 \cdot 62 / 2000 = 8,0 \text{ г на } 100 \text{ мл.}$$

Учитывая контракцию, получим:

$$v_2^k = 258 [1 + 0,0008 (17 - 0)] = 261,51 \text{ дал};$$

$$v_3^* = 1629,6 [1 + 0,0008 (17 - 14,2)] = 1633,25 \text{ дал.}$$

Проверим решение с учетом контракции:

$$a = 1633,6 \cdot 14,2 + 112,4 \cdot 96,5 / 2000 = 17,0\% \text{ об.};$$

$$C = 261,51 \cdot 62 / 2000 = 8,1 \text{ г на } 100 \text{ мл.}$$

С помощью специальных формул

Формулы для расчета купажей получают алгебраическим методом, решая типовые задачи в символической форме. Для этого составляют системы линейных уравнений с числом неизвестных, соответствующим числу заданных материалов.

Готовыми формулами удобно пользоваться, но они имеют ограниченное применение, так как меняют свой вид в зависимости от состава материалов, вводимых в купаж. Ниже приведены формулы для расчета наиболее часто проводимых купажей виноградных вин.

Спиртование и подслащивание сухого вина некрепленным суслом или бекмесом. Расчетные формулы имеют вид:

$$\text{объем сусла } v_2 = Cv / C_3;$$

$$\text{объем спирта } v_1 = [av - a_3 (v - v_2)] / (a_1 - a_3);$$

$$\text{объем сухого вина } v_3 = v - (v_1 + v_2),$$

где C_3 — содержание сахара в сульфитированном сусле, г на 100 мл; a_3 — крепость сухого вина, % об.

Пример 32. Даны: сухое вино крепостью 12% об., сульфитированное сусло сахаристостью 20% и спирт крепостью 96% об. Требуется получить крепленый виноматериал крепостью 18% об. и сахаристостью 10 г на 100 мл в количестве 1000 дал.

$$\text{Объем спирта } v_1 = [18 \cdot 1000 - 12(1000 - 500)] / (96 - 12) = 142,86 \text{ дал};$$

$$\text{объем сусла } v_2 = 10 \cdot 1000 / 20 = 500 \text{ дал};$$

$$\text{объем сухого вина } v_3 = 1000 - 500 - 142,86 = 357,14 \text{ дал.}$$

Проверим проведенный расчет:

$$a = (12 \cdot 357,14 + 96 \cdot 142,86) / 1000 = 18,0\% \text{ об.};$$

$$C = 20 \cdot 500 / 1000 = 10,0 \text{ г на } 100 \text{ мл.}$$

С учетом контракции:

$$v_2^k = 500 [1 + 0,0008 (18 - 20)] = 499,2 \text{ дал.};$$

$$v_3^k = 357,14 [1 + 0,0008 (18 - 12)] = 358,85 \text{ дал.}$$

Проверим расчет с учетом контракции:

$$a = (12 \cdot 358,85 + 96 \cdot 142,86) / 1000 = 18,0\% \text{ об.};$$

$$C = 20 \cdot 499,2 / 1000 = 10,0 \text{ г на } 100 \text{ мл.}$$

Спиртование и подслащивание сухого вина крепленным суслом или бекмесом. Расчетные формулы имеют вид:

$$\text{объем крепленного сусла } v_2 = C v / C_3;$$

$$\text{объем спирта } v_1 = [v(a - a_3) - v_2(a_2 - a_3)] / (a_1 - a_3);$$

$$\text{объем сухого вина } v_3 = v - (v_1 + v_2).$$

Пример 33. Даны: сухой виноматериал крепостью 12% об., крепленное сусло крепостью 14% об. и сахаристостью 15 г на 100 мл, спирт крепостью 96% об. Требуется получить купаж крепостью 18% об. и сахаристостью 8 г на 100 мл в количестве 1000 дал.

$$\text{Объем крепленного сусла } v_2 = 8 \cdot 1000 / 15 = 533,33 \text{ дал.};$$

$$\text{объем спирта } v_1 = [1000(18 - 12) - 533,33(14 - 12)] / (96 - 12) = 58,73 \text{ дал.};$$

$$\text{объем сухого виноматериала } v_3 = 1000 - 533,33 - 58,73 = 407,94 \text{ дал.}$$

Проверим проведенный расчет:

$$a = (12 \cdot 407,94 + 14 \cdot 533,33 + 96 \cdot 58,73) / 1000 = 18,0\% \text{ об.};$$

$$C = 15 \cdot 533,33 / 1000 = 8,0 \text{ г на } 100 \text{ мл.}$$

С учетом контракции:

$$v_2^k = 533,33 [1 + 0,0008 (18 - 14)] = 535,0 \text{ дал.};$$

$$v_3^k = 407,94 [1 + 0,0008 (18 - 12)] = 409,9 \text{ дал.}$$

Проверим расчет с учетом контракции:

$$a = (12 \cdot 409,9 + 14 \cdot 535 + 96 \cdot 58,73) / 1000 = 18,0\% \text{ об.};$$

$$C = 15 \cdot 535 / 1000 = 8,0 \text{ г на } 100 \text{ мл.}$$

Спиртование и подслащивание сладкого виноматериала некрепленным суслом или бекмесом при трех материалах, входящих в купаж. Расчетные формулы имеют вид:

$$\text{объем сладкого вина } v_4 = v [(a_1 - a) - a_1 C / C_3] [a_1 (C_3 - C_2) / (C_3 - a_4)],$$

где a_4 — крепость сладкого виноматериала, % об.;

$$\text{объем сусла или бекмеса } v_2 = (C v - C v_4) / C_3;$$

$$\text{объем спирта } v_1 = v - (v_2 + v_4).$$

Пример 34. Даны: сладкий виноматериал крепостью 15% об. и сахаристостью 6 г на 100 мл, некрепленное сусло сахаристостью 16 г на 100 мл и спирт крепостью 96% об. Требуется получить купаж крепостью 18% об. и сахаристостью 10 г на 100 мл в количестве 1000 дал.

$$\text{Объем сладкого виноматериала } v_4 = 1000 [(96 - 18) - 96 \cdot 10 / 16] / [96 (16 - 6) / 16 - 15] = 400 \text{ дал.};$$

$$\text{объем сусла } v_2 = (10 \cdot 1000 - 6 \cdot 400) / 16 = 475 \text{ дал.};$$

$$\text{объем спирта } v_1 = 1000 - (475 + 400) = 125 \text{ дал.}$$

Проверим проведенный расчет:
 $a = (15 \cdot 400 + 96 \cdot 125) / 1000 = 18,0\% \text{ об.};$
 $C = (6 \cdot 400 + 16 \cdot 475) / 1000 = 10,0 \text{ г на } 100 \text{ мл.}$

С учетом контракции:

$$v_2^k = 475 [1 + 0,0008 (18 - 0)] = 481,84 \text{ дал};$$

$$v_4^k = 400 [1 + 0,0008 (18 - 15)] = 400,96 \text{ дал.}$$

Проверим расчет с учетом контракции:

$$a = (15 \cdot 400,96 + 96 \cdot 125) / 1000 = 18,0\% \text{ об.};$$

$$C = (6 \cdot 400 + 16 \cdot 481,8) / 1000 = 10,1 \text{ г на } 100 \text{ мл.}$$

Спиртование и подслащивание сладкого вина некрепленным суслом или бекмесом при четырех материалах, входящих в купаж. Расчетные формулы имеют вид:

$$\text{объем сусла или бекмеса } v_2 = i_1 C v / C_3;$$

$$\text{объем сладкого вина } v_4 = i_2 C v / C_2,$$

где i_1 и i_2 — долевые объемы сусла и сладкого вина, выбираемые технологом ($i_1 + i_2 = 1$);

$$\text{сумма объемов спирта и сухого вина } v_1 + v_3 = v - (v_2 + v_4);$$

$$\text{объем спирта } v_1 = [av - a_4 v_4 - a_3 (v_1 + v_3)] / (a_1 - a_3);$$

$$\text{объем сухого вина } v_3 = (v_1 + v_3) - v_1.$$

Пример 35. Даны: сладкий крепленый виноматериал крепостью 16% об. и сахаристостью 5 г на 100 мл; сухой виноматериал крепостью 10% об.; бекмес сахаристостью 50 г на 100 мл; спирт крепостью 96% об. Требуется получить купаж крепостью 17% об. и сахаристостью 7 г на 100 мл в количестве 1000 дал. Примем $i_1 = 0,4$ и $i_2 = 0,6$.

Объем бекмеса $v_2 = 0,4 \cdot 7 \cdot 1000 / 50 = 56$ дал;

объем сладкого виноматериала $v_4 = 0,6 \cdot 7 \cdot 1000 / 5 = 840$ дал;

суммарный объем спирта и сухого вина $v_1 + v_3 = 1000 - 56 - 840 = 104$ дал;

объем спирта $v_1 = (17 \cdot 1000 - 16 \cdot 840 - 10 \cdot 104) / (96 - 10) = 29,3$ дал;

объем сухого виноматериала $v_3 = 104 - 29,3 = 74,7$ дал.

Проверим проведенный расчет:

$$a = (16 \cdot 840 + 10 \cdot 74,7 + 96 \cdot 29,3) / 1000 = 17,0\% \text{ об.};$$

$$C = (5 \cdot 840 + 50 \cdot 56) / 1000 = 7,0 \text{ г на } 100 \text{ мл.}$$

С учетом контракции:

$$v_2^k = 56,0 [1 + 0,0008 (17 - 0)] = 56,76 \text{ дал};$$

$$v_3^k = 74,7 [1 + 0,0008 (17 - 10)] = 75,12 \text{ дал};$$

$$v_4^k = 840 [1 + 0,0008 (17 - 16)] = 840,67 \text{ дал.}$$

Проверим расчет с учетом контракции:

$$a = (96 \cdot 29,3 + 10 \cdot 75,12 + 16 \cdot 840,67) / 1000 = 17,0\% \text{ об.};$$

$$C = (50 \cdot 56,76 + 5 \cdot 840,67) / 1000 = 7,0 \text{ г на } 100 \text{ мл.}$$

Графический метод

Графическим методом можно решать две основные задачи:
 а) выбирать материалы в зависимости от кондиций купажа и устанавливать возможность получения заданного купажа из данных

материалов; б) рассчитывать купаж, т. е. определять количество (объемы) отдельных материалов в составе заданного купажа.

Выбор купажных материалов. При подборе материалов для купажа руководствуются технологическими требованиями. Если требуется обеспечить только заданные кондиции купажа по составу, то строят в системе прямоугольных координат точки состава для каждого материала и для купажа, откладывая по абсциссе один из показателей, а по ординате — другой.

Если в результате такого построения окажется, что точка купажа находится внутри фигуры, образуемой точками материалов, то из последних данный купаж составить можно (рис. 19, точка *b* для материалов *ABCD*).

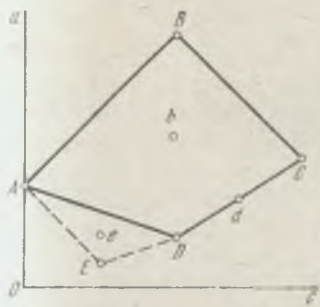


Рис. 19. Графический анализ состава купажей вина.

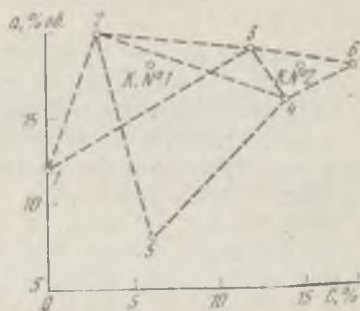


Рис. 20. Графическое построение при выборе материалов для заданных купажей.

Если точка купажа лежит вне фигуры, образуемой точками материалов *ABCD* (точка *e*), то для получения купажа *e* необходимо дополнительно ввести еще один (точка *E*) или несколько материалов такого состава, при котором точка купажа *e* будет расположена внутри фигуры, образуемой точками всех материалов *ABCDE*.

Если точка купажа лежит на одной из сторон фигуры (точка *d*), то для получения такого купажа достаточно взять только два материала *C* и *D*, точки которых соединены прямой, составляющей данную сторону.

Нужно также иметь в виду, что при двух материалах можно получать только те купажи, точки состава которых лежат на прямой, соединяющей точки этих материалов.

Таким образом, в результате описанного графического анализа легко установить, из каких материалов можно получить купажи того или иного состава или какие материалы необходимо иметь дополнительно, чтобы обеспечить получение заданных купажей.

Пример 36. Даны 5 материалов со следующими кондициями по спирту (в % об.) и сахару (в г на 100 мл): 1 — 12 и 0; 2 — 20 и 3; 3 — 19 и 12; 4 —

16 и 14; 5 — 8 и 6. Требуется установить: 1) из каких материалов можно составить купаж № 1 крепостью 18% об. и сахаристостью 8 г на 100 мл; 2) при каком дополнительно введенном материале можно получить купаж № 2 крепостью 18% об. и сахаристостью 16 г на 100 мл.

Построив в системе прямоугольных координат составы заданных материалов и купажей, получим распределение точек, показанное на рис. 20. На основании взаимного расположения точек материалов и купажей можно сделать следующие выводы:

1) для купажа № 1 достаточно взять материалы 1, 2, 3 или 4, 2, 5, так как точка купажа № 1 лежит внутри треугольников, образуемых точками этих материалов (треугольники обозначены штриховыми линиями);

2) купаж № 1 можно составить из всех заданных материалов, а также из их комбинаций: 1, 2, 3, 4; 1, 2, 3, 5; 2, 3, 5;

3) купаж № 2 нельзя составить из материалов 1, 2, 3, 4, 5. Для купажа № 2 достаточно дополнительно ввести такой материал, кондиции которого обеспечивают включение точки купажа № 2 во внутрь фигур, образуемых точками материалов, например материал крепостью 18% об. и сахаристостью 16 г на 100 мл (точка 6, треугольник 3, 4, 6).

Графический расчет купажей. Графический расчет купажей основан на построении диаграмм состава, которые показывают существующую зависимость между концентрациями составных частей данной системы, т. е. характеризуют состав как отдельных материалов, так и готового купажа (смеси). Затем на этих диаграммах проводят дополнительные построения, необходимые для решения конкретных задач, т. е. определения объемов каждого из материалов в составе того или иного заданного купажа.

Графический расчет купажей по двум показателям состава соответствует решению широко известной задачи на параллельные силы, точки приложения которых расположены в одной плоскости. Исходные материалы и купаж изображают в виде точек на плоскости в координатной системе двух расчетных показателей.

При двух материалах можно получить только такие купажи, точки состава которых лежат на прямой, соединяющей точки заданных материалов. Искомое количество каждого материала, выраженное в долях единицы, определяется отношением отрезка, противолежащего точке данного материала, ко всей длине прямой, соединяющей точки материалов (рис. 21).

Количества каждого материала, полученные в долях единицы, могут быть легко пересчитаны в проценты (умножением на 100) или в декалитры (умножением на заданный общий объем купажа в дал).

Пример 37. Даны: виноматериал *A* крепостью 20% об. и сахаристостью 2 г на 100 мл; виноматериал *B* крепостью 17% об. и сахаристостью 14 г на 100 мл. Требуется получить купаж крепостью 18% об. и сахаристостью 10 г на 100 мл в количестве 1000 дал.

Построив точки материалов *A* и *B* и точку купажа *X*, получим прямую *AB*, на которой лежит точка *X*. Следовательно, из данных материалов купаж заданного состава получить можно.

Измерив образовавшиеся отрезки (в мм), получим следующие отношения:

для материала *A*: $BX/AB = 20/62 = 0,323$;

для материала *B*: $AX/AB = 42/62 = 0,677$.

Следовательно, виноматериала *A* в составе заданного купажа будет $1000 \cdot 0,323 = 323$ дал и материала *B* — $1000 \cdot 0,677 = 677$ дал.

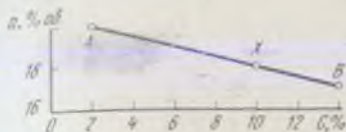


Рис. 21. Диаграмма для графического решения состава купажей из двух материалов.

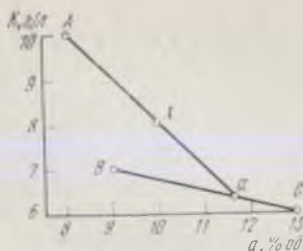


Рис. 22. Диаграмма для графического решения состава купажей из трех материалов.

Проверим проведенный расчет:

$$a = (20 \cdot 323 + 17 \cdot 677) / 1000 = 18,0\% \text{ об.};$$

$$C = (2 \cdot 323 + 14 \cdot 677) / 1000 = 10,1 \text{ г на } 100 \text{ мл.}$$

При трех материалах решение задачи возможно при условии, если точка купажа находится внутри треугольника, образованного отрезками, соединяющими точки исходных материалов.

Количество исходных материалов в данном случае определится однозначно простым построением (рис. 22), которое проводят следующим образом. Через точку купажа X и одну из точек материалов (безразлично какую, например A) проводят прямую до пересечения с отрезком, соединяющим две других точки материалов B и C . Точка пересечения двух прямых является вспомогательной точкой, характеризующей состав некоторой промежуточной смеси.

Для получения заданного купажа X следует взять вспомогательную смесь a и материал A в следующих относительных количествах: $A/(A+a) = aX/Aa$ и $a/(A+a) = AX/Aa$. Количества материалов A , B и C в долях общего количества купажа X определяются такими отношениями: $A/X = aX/Aa$; $B/X = (aC/BC) (AX/Aa)$; $C/X = (aB/BC) (AX/Aa)$. Для вычисления этих отношений требуется измерить на построенной диаграмме всего 4 отрезка.

Пример 38. Даны: виноматериал A крепостью 8% об. и кислотностью 10 г/л, виноматериал B крепостью 9% об. и кислотностью 7 г/л, виноматериал C крепостью 13% об. и кислотностью 6 г/л. Требуется получить купаж X крепостью 10% об. и кислотностью 8 г/л в количестве 500 дал.

Строим диаграмму состава, откладывая по абсциссе концентрацию спирта a и по ординате титруемую кислотность K .

Измерив отрезки, получим следующие величины их отношений:

для материала A : $aX/Aa = 29/63 = 0,46$;

для материала B : $(aC/BC) \cdot (X/Aa) = (17/50) \cdot (34/63) = 0,18$;

для материала C : $(aB/BC) \cdot (X/Aa) = (33/50) \cdot (34/63) = 0,36$.

Полученные количественные соотношения отдельных материалов выразим в дал: материал A — $0,46 \cdot 500 = 230$, материал B — $0,18 \cdot 500 = 90$, материал C — $0,36 \cdot 500 = 180$.

Проверим проведенный расчет:

$$a = (8 \cdot 230 + 9 \cdot 90 + 13 \cdot 180) / 500 = 10,0\% \text{ об.};$$

$$K = (10 \cdot 230 + 7 \cdot 90 + 6 \cdot 180) / 500 = 8,0 \text{ г/л.}$$

При четырех материалах возможные составы купажей определяются точками поля четырехугольника, образованного отрезками, соединяющими точки исходных материалов. Решение в данном случае многозначно, т. е. для получения купажа заданного состава возможны различные комбинации одних и тех же материалов. Применяя то или иное построение диаграммы, можно изменять соотношение отдельных материалов в составе одного и того же купажа в зависимости от технологических требований или экономических соображений.

В случае четырех материалов диаграмму составляют следующим образом. Строят точки материалов A, B, C, D и купажа X (рис. 23). Через точку X проводят прямую так, чтобы она пересе-

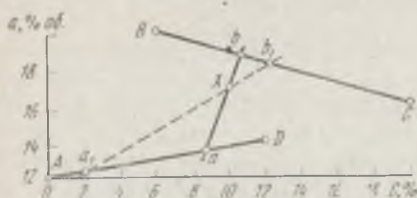


Рис. 23. Диаграмма для графического решения состава купажей из четырех материалов.



Рис. 24. Диаграмма для графического решения состава купажей из пяти материалов.

кала две противоположные стороны четырехугольника, образованного точками материалов. Эта прямая может быть проведена произвольно, если состав купажа безразличен и не ограничивается дополнительными соображениями. Если же задано определенное соотношение между количествами вводимых в купаж каких-нибудь двух из четырех материалов, то прямую через точку X проводят так, чтобы точки пересечения с противоположными сторонами располагались ближе к точкам тех материалов, которые требуется ввести в купаж в относительно большем количестве (штриховая линия a_1b_1). При таком положении прямой a_1b_1 увеличится долевое участие материалов A и C в купаже X .

На основании диаграммы купажа из четырех материалов A, B, C, D рассчитываются соотношения материалов в купаже: $A/X = (aD/AD) (bX/ab)$; $C/X = (bB/BC) (aX/ab)$; $B/X = (bC/BC) (aX/ab)$; $D/X = (aA/AD) (bX/ab)$. Таким образом, для решения этой задачи достаточно измерить 6 отрезков.

Пример 39. Даны: виноматериал A крепостью 12% об. и сахаристостью 0 г на 100 мл; виноматериал B крепостью 20% об. и сахаристостью 6 г на 100 мл; виноматериал C крепостью 16% об. и сахаристостью 20 г на 100 мл; виноматериал D крепостью 14% об. и сахаристостью 12 г на 100 мл. Требуется получить купаж крепостью 17% об. и сахаристостью 10 г на 100 мл в количестве 1000 дал.

После построения диаграммы и измерения отрезков, как указано выше, получим следующие результаты (в дал): для материала A — $0,090 \cdot 1000 = 90$.

для материала $B - 0,450 \cdot 1000 = 450$; для материала $C - 0,220 \cdot 1000 = 220$; для материала $D - 0,240 \cdot 1000 = 240$.

Проверим проведенный расчет:

$$a = (12 \cdot 90 + 20 \cdot 450 + 16 \cdot 220 + 14 \cdot 240) / 1000 = 17,0\% \text{ об.};$$

$$C = (6 \cdot 450 + 20 \cdot 220 + 12 \cdot 240) / 1000 = 10,0 \text{ г на } 100 \text{ мл.}$$

При пяти материалах решение многозначно и проводится аналогично предыдущему случаю после построения диаграммы состава по точкам пяти материалов A, B, C, D, E и точке купажа X . Если отсутствуют дополнительные условия, при построении диаграммы следует стремиться к нахождению наиболее простого решения. Например, для четырех из пяти заданных материалов можно заранее принять попарно равные количества или иные определенные соотношения, если заданы дополнительные условия. Во всех случаях диаграмма должна быть построена так, чтобы точка купажа X находилась внутри треугольника abc (рис. 24).

Если четыре из пяти материалов берут попарно в равных количествах, то решение значительно упрощается. В таком случае следует измерить всего четыре отрезка, чтобы установить количества всех пяти материалов в составе заданного купажа: $A/X = E/X = (bc/ab) (CX/Cc)$; $C/X = cX/cC$; $D/X = B/X = (ac/ab) (CX/cC)$.

Пример 40. Даны: сухой виноматериал A крепостью 10% об.; виноматериал B крепостью 19% об. и сахаристостью 4 г на 100 мл; виноматериал C крепостью 14% об. и сахаристостью 17 г на 100 мл; виноматериал D крепостью 18% об. и сахаристостью 14 г на 100 мл; виноматериал E крепостью 13% об. и сахаристостью 10 г на 100 мл. Требуется получить купаж крепостью 16% об. и сахаристостью 12 г на 100 мл в количестве 1000 дал. Желательно ввести в купаж в равных количествах материалы A, E и B, D .

Диаграмму состава строим с учетом обеспечения равных количеств материалов A и E и материалов B и D .

Измерив отрезки, как указано выше, получим следующие отношения:

для материалов A и E : $(bc/ab) (XC/cC) = (6/40) (27/46) = 0,088$;

для материалов D и E : $(ac/ab) (XC/cC) = (34/40) (27/46) = 0,499$;

для материала C : $cX/Cc = 19,5/47 = 0,415$.

Вычисляя количество каждого материала с учетом заданного объема купажа (в дал), имеем: материал $A - 0,044 \cdot 1000 = 44$; материал $B - 0,2495 \cdot 1000 = 249,5$; материал $C - 0,415 \cdot 1000 = 415$; материал $D - 0,2495 \cdot 1000 = 249,5$; материал $E - 0,044 \cdot 1000 = 44$.

Проверим проведенный расчет:

$$a = (10 \cdot 44 + 19 \cdot 249,5 + 14 \cdot 415 + 18 \cdot 249,5 + 13 \cdot 44) / 1000 = 16,0\% \text{ об.};$$

$$C = (4 \cdot 249,5 + 17 \cdot 415 + 18 \cdot 249,5 + 13 \cdot 44) / 1000 = 12,0 \text{ г на } 100 \text{ мл.}$$

РАБОТА № 60. РАСЧЕТЫ КУПАЖЕЙ, УЧИТЫВАЮЩИЕ ТРИ ПОКАЗАТЕЛЯ СОСТАВА

С купажами, в которых учитывают одновременно три показателя состава, приходится иметь дело сравнительно редко. Расчеты таких купажей более сложны и в общем виде могут выполняться алгебраическим или графическим методами.

Алгебраическое решение встречает затруднения в связи с необходимостью составлять в каждом отдельном случае системы многих уравнений и большим объемом вычислительной работы.

Графическое решение требует изображения составов исходных материалов и купажа в виде точек в пространственной системе координат в осях трех расчетных показателей. В данном случае можно пользоваться способами изображения и методами начертательной геометрии.

В практике удобно применять более простой прием расчета купажей по трем показателям состава, основанный на учете состава промежуточных смесей. Этот способ состоит в следующем:

1 — все заданные материалы распределяют на две группы (промежуточные смеси) с таким расчетом, чтобы в пределах каждой из групп задача решалась по каким-либо двум из трех показателей состава. При распределении материалов на две группы удобно пользоваться графическим построением точек материалов и купажа;

2 — в пределах каждой из промежуточных смесей задачу решают по двум избранным показателям состава. Для этого можно пользоваться любым из рассмотренных выше методов расчета купажей;

3 — зная количества отдельных материалов в промежуточных смесях, вычисленные по двум показателям, определяют состав каждой промежуточной смеси по третьему показателю;

4 — пользуясь мнемонической формулой «звездочка», определяют, в каких количествах необходимо взять промежуточные смеси, чтобы получить окончательный купаж с заданной величиной третьего показателя состава.

Пример 41. Даны шесть материалов со следующим содержанием спирта a (в % об.), сахара C (в г на 100 мл) и титруемой кислотностью K (в г/л): 1 — $a=10$, $C=8$, $K=10$; 2 — $a=0$, $C=60$, $K=12$; 3 — $a=96$, $C=0$, $K=0$; 4 — $a=9,3$, $C=7$, $K=7$; 5 — $a=19,5$, $C=48$, $K=5$; 6 — $a=17,5$, $C=4$, $K=4$. Требуется получить 1000 дал купажа крепостью 16% об., сахаристостью 12 г на 100 мл и кислотностью 6 г/л.

Промежуточные смеси составляем по двум показателям: спиртостности a и сахаристости C . В этом случае разбивку заданных материалов на две группы можно произвести таким образом, чтобы первую промежуточную смесь составить из материалов 1, 2, 3 и вторую — из материалов 4, 5, 6.

Определив состав промежуточных смесей по спирту и сахару одним из методов (предположим, алгебраическим), получим следующие количества материалов в каждой смеси (в дал):

для первой промежуточной смеси: материал 1 — 830; 2 — 90; 3 — 80;

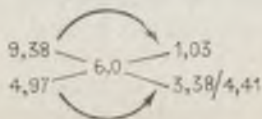
для второй промежуточной смеси: материал 4 — 240; 5 — 250; 6 — 510.

Пользуясь полученными количествами отдельных материалов, определим для каждой промежуточной смеси значение третьего показателя — титруемой кислотности:

для первого промежуточного купажа $K_1 = (10 \cdot 830 + 12 \cdot 90) / 1000 = 9,38$ г/л;

для второго промежуточного купажа $K_2 = (7 \cdot 240 + 5 \cdot 250 + 4 \cdot 510) / 1000 = 4,97$ г/л.

С помощью «звездочки» найдем, в каких соотношениях нужно взять промежуточные смеси, чтобы получить окончательный купаж заданной кислотности:



Для определения искомого состава купажа по всем трем показателям возьмем количества отдельных материалов, вычисленные для промежуточной смеси, в соотношениях, полученных по «звездочке» (в дал): материал 1 — $830 \cdot 1,03/4,41 = 191,7$; материал 2 — $90 \cdot 1,03/4,41 = 20,8$; материал 3 — $80 \cdot 1,03/4,41 = 18,5$; материал 4 — $240 \cdot 3,38/4,41 = 184,3$; материал 5 — $250 \cdot 3,38/4,41 = 192,0$; материал 6 — $510 \cdot 3,38/4,41 = 391,7$.

Проверим проведенный расчет:

$$a = (10 \cdot 191,7 + 96 \cdot 18,5 + 9,3 \cdot 184,3 + 19,5 \cdot 192 + 17,5 \cdot 391,7) / 1000 = 16,0 \% \text{ об.};$$

$$C = (8 \cdot 191,7 + 60 \cdot 20,8 + 48 \cdot 192) / 1000 = 12,0 \text{ г на } 100 \text{ мл};$$

$$K = (10 \cdot 191,7 + 12 \cdot 20,8 + 7 \cdot 184,3 + 5 \cdot 192 + 4 \cdot 391,7) / 1000 = 6,0 \text{ г/л}.$$

С учетом контракции имеем следующие объемы материалов (в дал):
 1 — $191,7 \cdot [1 + 0,0008 \cdot (16 - 10)] = 192,62$; 2 — $20,8 \cdot [1 + 0,0008 \cdot (16 - 0)] = 21,07$; 4 — $184,3 \cdot [1 + 0,0008 \cdot (16 - 9,3)] = 185,29$ дал; 5 — $192,6 \cdot [1 + 0,0008 \cdot (16 - 19,5)] = 191,46$;
 6 — $391,7 \cdot [1 + 0,0008 \cdot (16 - 17,5)] = 391,2$.

Проверим расчет с учетом контракции:

$$a = (10 \cdot 192,62 + 96 \cdot 18,5 + 9,3 \cdot 185,29 + 19,5 \cdot 191,46 + 17,5 \cdot 391,2) / 1000 = 16 \% \text{ об.};$$

$$C = (8 \cdot 192,62 + 60 \cdot 21,07 + 48 \cdot 191,46) / 1000 = 12,0 \text{ г на } 100 \text{ мл};$$

$$K = (10 \cdot 192,62 + 12 \cdot 21,07 + 7 \cdot 185,29 + 5 \cdot 191,46 + 4 \cdot 391,2) / 1000 = 6,0 \text{ г/л}.$$

Отчет

Исходные данные и полученные результаты расчета записываем в таблицу, имеющую следующую форму:

Компоненты купажа	Показатели состава				Количество компонентов и купажа, дал
	спирт, % об.	сахар, г на 100 мл	титруемая кислотность, г/л	другие показатели	

1-й
 2-й
 3-й
 и т. д.

Купаж

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. Проведение по заданию преподавателя расчетов купажей виноградных вин по одному, двум и трем показателям состава алгебраическим и графическим методами с последующей проверкой полученных результатов.

Дополнительные задания. 1 — составление систем уравнений для расчета алгебраическим методом купажей из четырех и пяти компонентов при одновременном учете двух и трех показателей состава; 2 — построение расчетных диаграмм для определения графическим методом состава купажей, включающих шесть и более компонентов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. С какими целями проводят расчеты купажных материалов для виноградных вин?
2. Что понимают под «компонентом» и «показателем состава» купажа?
3. Какие бывают случаи расчета купажей по степени сложности?
4. Как рассчитывают состав купажей при учете одного показателя состава?
5. В чем состоит алгебраический метод расчета состава купажей?
6. Как осуществляют выбор купажных материалов графическим методом?
7. Как рассчитывают графическим методом купажи, составляемые из двух, трех и большего количества материалов при учете двух показателей?
8. Как проводят расчет купажей при учете трех показателей состава?
9. В чем преимущества и недостатки графического метода расчета купажей?

КУПАЖИРОВАНИЕ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ ВИН

Расчеты купажей плодово-ягодных соков, сусел и вин имеют свои особенности, обусловленные тем, что в купажи вводят не только жидкие, но и твердые материалы, которые занимают различный объем при растворении и изменяют свою концентрацию, например в результате инверсии сахарозы. В плодово-ягодное сусло или в компоненты купажа может вводиться также вода, имеющая «нулевые» показатели состава. В связи с этим аналитическое и графическое определение состава купажей осложняется.

В производстве плодово-ягодных вин для расчета купажей удобно пользоваться специальными формулами, полученными аналитическим решением типовых задач.

РАБОТА № 61. РАСЧЕТ РАСХОДА САХАРА НА ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СУСЛА

Количество сахара Q (в кг), необходимое для подслащивания данного объема сока, чтобы после брожения обеспечить накопление заданного количества спирта, может быть вычислено по следующей формуле:

$$Q = 16,129 v_1 [(C_2 - 0,589 C_1)/(C_2 - 0,589 C) - 1], \quad (20)$$

где 16,129 — коэффициент, учитывающий перевод массового количества сахара в объемное и пересчет инвертного сахара в свекловичный; v_1 — объем сока, дал; C_2 — содержание сахарозы в товарном сахаре, %; 0,589 — выход спирта при сбраживании 1 г сахара в плодово-ягодном сусле, мл; C_1 — содержание сахара в исходном соке, г на 100 мл; C — содержание сахара в составленном сусле (смеси), г на 100 мл.

Пример 42. Дано 1350 дал яблочного сока сахаристостью 7,4 г на 100 мл. Требуется определить количество сахара, которое необходимо внести в этот сок, чтобы в сброженном сусле накопилось 5% об. спирта при содержании остаточного сахара 0,2 г на 100 мл. Содержание сахарозы в товарном сахарном песке 99,75%.

По условию поставленной задачи содержание сахара в соке перед брожением должно быть: $C = 5/0,589 + 0,2 = 8,69$ г на 100 мл.

Подставив в формулу (20) заданные величины и проведя вычисления, получим: $Q = 16,129 \cdot 1350 [(99,75 - 0,589 \cdot 7,4)/(99,75 - 0,589 \cdot 8,69) \cdot 2 - 1] = 175,0$ кг.

Проверим проведенный расчет:

объем купажа $v = 1350 + 175 \cdot 0,62 = 1360,8$ дал;

$C = (1350 \cdot 7,4 \cdot 100 + 175 \cdot 1,05)/1360,8 = 8,69$ г на 100 мл.

РАБОТА № 62. РАСЧЕТ РАСХОДА СПИРТА НА ДОВЕДЕНИЕ КРЕПОСТИ СБРОЖЕННОГО ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СУСЛА ДО 16,1% ОБ.

Количество безводного спирта v_0 (в дал), потребное для доведения крепости сброженного и снятого с осадка сусла до 16,1% об., может быть вычислено по формуле

$$v_0 = 0,01 v_1 [a (a_2 + 0,0008 a_1 a_2 - a_1) / (a_2 + 0,01288 a_2 - a) - a_1], \quad (21)$$

где v_1 — объем исходного сброженного сусла, дал; a — содержание спирта в сброженно-спиртованном сусле (в конечной смеси), % об.; a_2 — крепость ректификованного спирта, % об.; a_1 — содержание спирта в исходном сброженном сусле, % об.; 0,0008 — коэффициент контракции; 0,01 и 0,01288 — коэффициенты пересчета.

Пример 43. Даны: 1187,2 дал сусла, сброженного до содержания спирта 8% об.; ректификованный спирт крепостью 96,0% об. Требуется определить количество спирта для доведения крепости сброженного сусла до 16,1% об.

Количество безводного спирта $v_0 = 0,01 \cdot 1187,2 [16,1(96 + 0,0008 \cdot 8 \cdot 96 - 8) / (96 + 0,01288 \cdot 96 - 16,1) - 8] = 113,78$ дал.

Количество ректификованного спирта $v_2 = 113,78 \cdot 100 / 96,0 = 118,5$ дал.

Проверим проведенный расчет:

объем купажа (сброженно-спиртованного сусла) $v = 1187,2 + 118,5 - 113,78 \times 0,08 = 1296,6$ дал;

крепость купажа $a = (1187,2 \cdot 8 + 118,5 \cdot 96) / 1296 = 16,1\%$ об.

РАБОТА № 63. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА СПИРТА И САХАРА НА ПРОИЗВОДСТВО ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ ВИН ИЗ СОКОВ

Для расчета расхода безводного спирта v_0 на доведение до кондиций сброженного, снятого с осадка плодово-ягодного сусла применима следующая формула:

$$v_0 = 0,01 v_1 \{ a [a_2 + 0,0008 a_1 a_2 - (a_1 + 0,0059 C_1 a_2)] [a_2 + 0,0008 a a_2 - (a + 0,0059 C a_2)] - a_1 \}. \quad (22)$$

Расход сахара на доведение до кондиций сброженного, снятого с осадка плодово-ягодного сусла может быть вычислен по формуле

$$Q = 0,09524 v_1 \{ C [a_2 + 0,0008 a_1 a_2 - (a_1 + 0,0059 C_1 a_2)] [a_2 + 0,0008 a a_2 - (a + 0,0059 C a_2)] - C_1 \}, \quad (23)$$

где 0,09524 — коэффициент пересчета; 0,0059 — коэффициент, учитывающий пересчет инвертного сахара в свекловичный и перевод массового количества сахара в объемное.

Пример 44. Даны: 1250 дал сусла крепостью 5,1% об. с остаточной сахаристостью 0,3 г на 100 мл; ректификованный спирт крепостью 96,2% об.; сахарный песок, содержащий 99,75% сахарозы. Требуется определить расход спирта и сахара на получение из этого сусла крепкого вина с кондициями по спирту 16% об. и по сахару 8 г на 100 мл. При определении кондиций по спирту необходимо учесть потери крепости, равные 0,3% об.

Количество безводного спирта $v_0 = 0,01 \cdot 1250 \{ 16,3 [96,2 + 0,0008 \cdot 5,1 \times 96,2 - (5,1 + 0,0059 \cdot 0,3 \cdot 96,2)] / [(96,2 + 0,0008 \cdot 16,3 \cdot 96,2 - (16,3 + 0,0059 \cdot 8 \cdot 96,2)) - 5,1] \} = 179,12$ дал;

количество ректификованного спирта $v_2 = 179,12 \cdot 100 / 96,2 = 186,2$ дал;

количество сахара $Q = 0,09524 \cdot 1250 \{ 8 [96,2 + 0,0008 \cdot 5,1 \cdot 96,2 - (5,1 + 0,0059 \cdot 0,3 \times 96,2)] / [96,2 + 0,0008 \cdot 16,3 \cdot 96,2 - (16,3 + 0,0059 \cdot 8 \cdot 96,2)] - 0,3 \} = 1099,5$ кг.

Проверим проведенный расчет:

$$v = 1250 + 179,12/0,962 + 1099,5 \cdot 0,62/10 - 179,12 \cdot 0,08 = 1490 \text{ дал};$$

$$a = (1250 \cdot 5,1 + 186,2 \cdot 96,2)/1490 = 16,3\% \text{ об.};$$

$$C = [1250 \cdot 0,3 + 1099,5 \cdot 99,75/(0,95 \cdot 10)]/1490 = 8,0 \text{ г на } 100 \text{ мл}.$$

Отчет

Отчет о проделанных работах составляют так же, как при выполнении заданий по расчету купажей виноградных вин.

Задания для самостоятельной проработки

Проведение по заданию преподавателя расчетов расхода сахара на приготовление плодово-ягодного суслу, предназначенного для сбраживания, расхода спирта для получения спиртованного и сброженно-спиртованного суслу, количества спирта и сахара для производства плодово-ягодных вин из соков.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие компоненты вводят в купажи плодово-ягодных соков и вин и в чем их особенности?
2. Почему для расчета купажей в плодово-ягодном виноделии нецелесообразно применять методы расчета купажей виноградных вин?
3. Как вычисляют количество сахара для приготовления плодово-ягодного суслу?
4. Как рассчитывают количество сахара и спирта в производстве плодово-ягодных вин различного типа?
5. Как в расчетах купажей плодово-ягодных сокоматериалов и вин учитывают инверсию сахарозы, изменение объема сахара при растворении и контракцию?

КУПАЖИРОВАНИЕ КОНЬЯКОВ

В купажи коньяков входят коньячные спирты различных партий и сроков выдержки, спиртованные воды, сахарный сироп и колер.

Процентное содержание отдельных коньячных спиртов и потребное количество колера устанавливают предварительно в результате пробного купажа.

Коньячные спирты отдельных партий (эгализаций) и сроков выдержки имеют различную крепость. Поэтому при расчете коньячных купажей вычисляют средневзвешенную крепость смеси спиртов, пользуясь данными пробного купажа: $a_{cp} = (a_1v_1 + a_2v_2 + a_3v_3 + \dots + a_nv_n)/100$, где $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ — крепость коньячных спиртов, % об.; $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ — процентное содержание коньячных спиртов по данным пробного купажа.

Крепость отдельных материалов, входящих в коньячные купажи, колеблется в более широких пределах, чем при купажировании виноматериалов, и содержание спирта в смеси имеет большую величину. Поэтому сжатие объема (контракция) происходит сильнее, чем в винах, и должно учитываться в каждом отдельном слу-

чае дифференцированно в зависимости от крепости коньяка и его компонентов. Величины уменьшения объема при смешивании этилового спирта с водой для различных концентраций спирта в смеси приведены в табл. 31.

В коньячном производстве перед проведением купажирования вычисляют объемы сахарного сиропа, коньячных спиртов и спиртованных вод. Учитывают также количество вводимого колера, определяемое пробным купажем. Если купажи составлены недостаточно точно, возникает необходимость в корректировании кондиций. В таких случаях дополнительно вычисляют количество коньячного спирта для укрепления купажа пониженной крепости или количество воды для разбавления купажа повышенной крепости.

РАБОТА № 64. РАСЧЕТ СОСТАВА КОНЬЯЧНОГО КУПАЖА

Объем сахарного сиропа v_c , который должен быть внесен в купаж коньяка, вычисляют по формуле $v_c = (vC - v_1C_1)/C_2$, где C — содержание сахара в коньяке, г на 100 мл; v_1 — количество колера, определенное пробным купажем, дал на v дал коньяка; C_1 — содержание сахара в колере, г на 100 мл; C_2 — содержание сахара в сиропе, г на 100 мл.

Объем коньячного спирта v_a без учета контракции находят по формуле $v_a = \{av - a_1[v - (v_c + v_1)]\} / (a_{cp} - a_1)$, где a — крепость коньяка, % об.; v — объем купажа (коньяка), дал; a_1 — крепость спиртованных вод, % об., v_c — объем сахарного сиропа, дал; v_1 — объем колера, установленный пробным купажем, дал; a_{cp} — средняя крепость коньячного спирта, % об.

Объем спиртованных вод (без учета контракции) v_2 устанавливают по разности $v_2 = v - (v_a + v_c + v_1)$.

Пример 45. Даны следующие коньячные спирты, отобранные для купажа:

Возраст спиртов, годы	Крепость, % об.	Содержание спирта в смеси, %
4	65	75
3	63	10
3	62	15

Количество колера по пробному купажу $v_1 = 3$ дал на 1000 дал купажа. Содержание сахара в колере 45%, в сиропе — 75%. Крепость спиртованных вод 25% об. Требуется получить купаж коньяка в количестве 1000 дал крепостью 41% об. с содержанием сахара 1,5 г на 100 мл.

Объем сахарного сиропа $v_c = (1000 \cdot 1,5 - 3 \cdot 45) / 75 = 18,0$ дал; средневзвешенная крепость коньячных спиртов, закладываемых в купаж, $a_{cp} = (65 \cdot 75 + 63 \cdot 10 + 62 \cdot 15) / 100 = 64,35\%$ об.

Количество коньячных спиртов в купаже $v_a = [41 \cdot 1000 - 25 \cdot 1000 - (18 + 3)] / (64,35 - 25) = 419,95$ дал;

объем спиртованных вод $v_2 = 1000 - (419,95 + 18 + 3) = 559,05$ дал.

Проверим проведенный расчет:

$$a = (64,35 \cdot 419,95 + 25 \cdot 559,05) / 1000 = 41,0\% \text{ об.};$$

$$C = (75 \cdot 18 + 45 \cdot 3) / 1000 = 1,5 \text{ г на 100 мл.}$$

Вычислим поправку на сжатие объема (контракцию) полученной смеси.

Таблица 31. Сжатие объема (контракция) смеси этилового спирта с водой при 20° С (по Г. И. Фертману)

Содержание, л на 100 л смеси		Сжатие смеси, л	Содержание, л на 100 л смеси		Сжатие смеси, л
спирта	воды		спирта	воды	
0	100,000	0,000	51	52,662	3,662
1	99,060	0,060	52	51,670	3,670
2	98,123	0,123	53	50,676	3,676
3	97,189	0,189	54	49,679	3,679
4	96,257	0,257	55	48,679	3,679
5	95,328	0,328	56	47,679	3,679
6	94,405	0,405	57	46,670	3,670
7	93,485	0,485	58	45,661	3,662
8	92,568	0,568	59	44,650	3,650
9	91,654	0,654	60	43,637	3,637
10	90,744	0,744	61	42,620	3,620
11	89,833	0,833	62	41,601	3,601
12	88,925	0,925	63	40,579	3,579
13	88,018	1,018	64	39,555	3,555
14	87,114	1,114	65	38,529	3,529
15	86,210	1,210	66	37,500	3,500
16	85,308	1,308	67	36,469	3,469
17	84,409	1,409	68	35,436	3,436
18	83,511	1,511	69	34,399	3,399
19	82,615	1,615	70	33,360	3,360
20	81,719	1,719	71	32,320	3,320
21	80,821	1,821	72	31,278	3,278
22	79,923	1,934	73	30,233	3,233
23	79,022	2,022	74	29,183	3,183
24	78,120	2,120	75	28,132	3,132
25	77,217	2,217	76	27,079	3,079
26	76,312	2,318	77	26,022	3,022
27	75,406	2,406	78	24,961	2,961
28	74,499	2,499	79	23,897	2,897
29	73,587	2,587	80	22,830	2,830
30	72,674	2,674	81	21,760	2,760
31	71,759	2,759	82	20,687	2,687
32	70,841	2,841	83	19,608	2,608
33	69,917	2,917	84	18,525	2,525
34	68,991	2,991	85	17,437	2,437
35	68,059	3,059	86	16,345	2,345
36	67,124	3,124	87	15,247	2,247
37	66,185	3,185	88	14,143	2,143
38	65,242	3,242	89	13,032	2,032
39	64,295	3,295	90	11,912	1,912
40	63,347	3,347	91	10,786	1,786
41	62,395	3,395	92	9,651	1,651
42	61,439	3,439	93	8,506	1,506
43	60,476	3,476	94	7,348	1,348
44	59,511	3,511	95	6,173	1,173
45	58,542	3,542	96	4,985	0,935
46	57,570	3,570	97	3,780	0,780
47	56,496	3,496	98	2,552	0,552
48	55,617	3,617	99	1,293	0,293
49	54,635	3,635			
50	53,650	3,650			

Проведенный расчет показал, что в купаж входят (в дал):

Спирты коньячные со средней крепостью 64,35% об.	419,95
Спиртованные воды крепостью 25% об.	559,05
Сахарный сироп с содержанием сахара 75%	18,0
Колер, содержащий 45% сахара	3,0

Всего 1000 дал

По табл. 31 находим, что в 100 л (дал) водно-спиртовой смеси содержится следующий объем воды (в л, дал):

При конечной крепости коньяка 41% об.	62,395
При исходной крепости коньячного спирта 64,35% об.	39,143
При крепости спиртованных вод 25% об.	77,217

Следовательно, в приготовленной купажной смеси будет содержаться следующий объем воды и сахара: $v_b = (419,95 \cdot 39,143 + 559,05 \cdot 77,217) / 100 + 18 + 3 = 617,56$ дал.

В табл. 31 находим, что в 1000 дал коньяка крепостью 41% об. воды должно содержаться 623,95 дал. Следовательно, с учетом контракции в купаж необходимо дополнительно ввести воду в количестве $v'_b = v_b = 623,95 - 617,56 = 6,39$ дал, где v'_b — объем воды в смеси с учетом контракции.

РАБОТА № 65. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА КОНЬЯЧНОГО СПИРТА ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ КУПАЖА ПОНИЖЕННОЙ КРЕПОСТИ

Расчет проводят по формуле $v_a = v(a - a_0) / (a_1 - a_0)$, где v_a — объем спирта, добавляемого в купаж для корректировки крепости коньяка, дал; v — объем приготовленного купажа пониженной крепости, дал; a — требуемая (кондиционная) крепость коньяка, % об.; a_0 — крепость приготовленного купажа, % об.; a_1 — крепость добавляемого коньячного спирта, % об.

Пример 46. Дан коньячный купаж крепостью 39,5% об. в количестве 1500 дал и коньячный спирт крепостью 60% об. Требуется определить объем коньячного спирта, который необходимо добавить в купаж, чтобы обеспечить крепость готового коньяка 40% об.

Объем спирта $v_a = 1500(40 - 39,5) / (60 - 39,5) = 36,59$ дал.

Проверим расчет: $a = (39,5 \cdot 1500 + 60 \cdot 36,59) / (1500 + 36,59) = 40,0\%$ об.

РАБОТА № 66. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ВОДЫ ДЛЯ РАЗБАВЛЕНИЯ КУПАЖА ПОВЫШЕННОЙ КРЕПОСТИ

Объем дистиллированной воды v_b вычисляют по формуле $v_b = v(a_0 - a) / a$.

Пример 47. Дан коньячный купаж крепостью 46% об. в количестве 2000 дал. Требуется определить объем воды, который нужно дополнительно ввести в купаж, чтобы обеспечить крепость коньяка 45% об.

Объем воды $v_b = 2000(46 - 45) / 45 = 44,4$ дал.

Проверим расчет: $a = 46 \cdot 2000 / (2000 + 44,4) = 45,0\%$ об.

Отчет

В отчете студент указывает особенности состава коньячных купажей и кондиций входящих в них материалов, после чего последовательно записывает исходные данные и результаты, полученные при решении примеров, заданных преподавателем.

Задания для самостоятельной проработки

По заданию преподавателя студент проводит расчеты состава коньячных купажей, количества коньячного спирта для укрепления купажа пониженной крепости, количества дистиллированной воды для разбавления купажа повышенной крепости.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие материалы вводят в купажи коньяков, в чем особенности состава этих материалов?
2. Как рассчитывают количество материалов, вводимых в коньячный купаж?
3. Как вычисляют поправку на сжатие объема (контракцию) при составлении коньячных купажей?
4. Как вычисляют количество коньячного спирта и дистиллированной воды для корректировки кондиций коньячного купажа?

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ШАМПАНСКИХ ЛИКЕРОВ

В производстве шампанского применяют ликеры различного состава: тиражный, резервуарный и экспедиционный. Наиболее сложный состав имеет экспедиционный ликер, для его получения необходимо вычислять количество виноматериала, сахара, коньячного спирта и лимонной кислоты.

РАБОТА № 67. РАСЧЕТЫ КОМПОНЕНТОВ ШАМПАНСКИХ ЛИКЕРОВ

Для расчета компонентов шампанских ликеров можно пользоваться формулами, учитывающими только два показателя состава (спиртуозность и сахаристость) с последующим определением третьего показателя (титруемой кислотности).

Для вычисления количества сахара:

$$Q = 0,95 v_0 C_0 / C, \quad (25)$$

где Q — количество товарного сахара без поправки на объем лимонной кислоты, кг; 0,95 — коэффициент пересчета инвертного сахара в сахарозу; v_0 — заданное количество готового ликера, л; C_0 — содержание инвертного сахара в ликере, г на 100 мл; C — содержание сахарозы в товарном сахаре, %.

Для более точного определения количества сахара можно ввезти поправку на его разбавление лимонной кислотой: $Q_1 = Q v_1 / v_0$, где Q_1 — количество сахара без поправки на объем лимонной кислоты, кг; Q — то же с поправкой, кг; v_1 — количество ликера с учетом объема лимонной кислоты, л; v_0 — то же без учета объема лимонной кислоты, л. Величина этой поправки незначительна и в большинстве случаев ею можно пренебречь.

Для вычисления количества коньячного спирта:

$$v_a = v_0 / [1,685 C (a_0 - a_1) + a_1 C_0] / [1,685 C (a - a_1)], \quad (26)$$

где v_a — объем коньячного спирта, дал; 1,685 — произведение плотности сахарозы на коэффициент пересчета сахарозы в инвертный сахар ($1,60 \cdot 1,05 = 1,685$); a_0 — содержание спирта в готовом ликере, % об.; a_1 — содержание спирта в виноматериале, % об.; a — крепость коньячного спирта, % об.

Для вычисления количества виноматериала:

$$v = v_0 - v_a + 0,623 Q, \quad (27)$$

где v — объем виноматериала, л; 0,623 — объем 1 кг сахара, занимаемый после растворения, л.

Для вычисления количества лимонной кислоты:

$$K = 0,93 (K_0 v_0 - K_1 v), \quad (28)$$

где K — количество лимонной кислоты, г; 0,93 — коэффициент перехода от винной кислоты к лимонной, представляет собой отношение грамм-эквивалента лимонной кислоты к грамм-эквиваленту винной ($70,05 : 75,04 = 0,93$); K_0 — титруемая кислотность ликера в пересчете на винную кислоту, г/л; K_1 — титруемая кислотность виноматериала, г/л.

Объем готового ликера без учета контракции определится суммированием всех компонентов:

$$v_0 = 0,623 Q_1 + v_a + v + 0,648 K, \quad (29)$$

где 0,648 — удельный объем единицы массы лимонной кислоты.

Поправка на контракцию может быть введена с помощью формулы $a_n = a_1 v / (v + 0,623 Q)$, где a_n — концентрация раствора сахара в виноматериале без коньячного спирта.

Пример 48. Даны: виноматериал крепостью 10,4% об. и кислотностью 7,0 г/л; коньячный спирт крепостью 64,5% об.; сахар, содержащий 99,90% сахарозы; лимонная кислота практически 100%-ная. Требуется определить количество каждого компонента для приготовления экспедиционного ликера со следующими кондициями: спирта 10,0% об., сахара 68,5% и титруемой кислотностью в пересчете на винную кислоту 7,5 г/л. Объем ликера приблизительно 1000 л.

Количество товарного сахара без поправки $Q = 0,95 \cdot 1000 \cdot 68,5 / 99,9 = 651,4$ кг;
количество коньячного спирта $v_a = 1000 [1,685 \cdot 99,9 (10 - 10,4) + 10,4 \times 68,5] / (1,685 \cdot 99,9 \cdot 64,6 - 10,4) = 70,7$ л;

количество виноматериала $v = 1000 - 70,7 + 0,623 \cdot 651,4 = 523,5$ л;

количество лимонной кислоты $K = 0,93 (7,5 \cdot 1000 - 7 \cdot 523,5) = 3567$ г;

объем ликера без учета контракции $v_0 = 0,623 \cdot 651,4 + 70,7 + 523,5 + 0,648 \times 3567 = 1002,3$ л;

количество сахара с учетом разбавления смеси лимонной кислотой $Q_1 = 651,4 \cdot 1002,3 / 1000 = 652,9$ кг.

Проверим расчеты по содержанию в ликере:

спирта $a = (10,4 \cdot 523,5 + 70,7 \cdot 64,6) / 1002,3 = 10,0\%$ об.;

сахара $C = 652,9 \cdot 99,9 / (0,95 \cdot 1002,3) = 68,5\%$;

кислоты $K = (7 \cdot 523,5 + 3567 / 0,93) / 1002,3 = 7,5$ г/л.

Концентрация раствора сахара в виноматериале без коньячного спирта $a = 10,4 \cdot 523,5 / (523,5 + 0,623 \cdot 651,4) = 5,87\%$ об.

Объем готового ликера с учетом контракции $v_0^* = 1002,3 [1 - 0,0008 (10 - 5,87)] = 998,99$ л.

В отчете студент описывает особенности состава материалов, используемых для приготовления шампанских ликеров, кондиций ликеров различного назначения, записывает исходные данные, расчеты, полученные результаты и проверку расчетов по примерам, заданным преподавателем.

Задания для самостоятельной проработки

По заданию преподавателя студент рассчитывает и проверяет результаты расчета состава тиражного, резервуарного или экспедиционного ликера.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие компоненты входят в состав резервуарного (тиражного) и экспедиционного ликера, какие кондиции имеют эти ликеры?
2. Как вычисляют количество сахара, коньячного спирта и лимонной кислоты, потребные для приготовления шампанских ликеров?
3. Каков физический смысл численных коэффициентов, входящих в расчетные формулы?

Глава VI. РАСЧЕТЫ ПРОДУКТОВ И СОСТАВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ БАЛАНСОВ ВИНODEЛЬЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

ПРОИЗВОДСТВО БЕЛЫХ СТОЛОВЫХ СУХИХ И КРЕПЛЕННЫХ ВИНОГРАДНЫХ ВИН

Расчеты продуктов производства виноградных белых сухих и крепленых вин являются наиболее общими и типичными для большинства предприятий винодельческой промышленности. При производстве виноматериалов расчеты проводят на 1 т винограда, а при получении из виноматериалов вина — на 1000 дал готового продукта. При полном цикле производства готового вина, начиная от переработки винограда, продуктовые расчеты удобнее проводить на 1 т винограда.

Количественные изменения сырья в производстве сухих и крепленых вин вызваны в основном потерями с отходами и механическими потерями. Биохимические превращения состава полупродуктов при брожении более существенно влияют на их массу, чем на объем. Масса изменяется за счет образования и выделения диоксида углерода, количество которого пропорционально количеству сброженного сахара: при полном выбраживании 100 г инвертного сахара образуется в среднем 46,4 г CO_2 . При этом объем меняется незначительно, так как из 100 г инвертного сахара, занимающего в растворе около 62 мл, образуется около 62 мл жидких продуктов

брожения (спирт и др.). Объем полупродукта при брожении меняется только за счет контракции от образующегося спирта (сокращение объема составляет в среднем 0,08% на каждый 1% об. повышения концентрации спирта). Контракция не изменяет его массу.

При брожении в результате превращения одних веществ в другие и изменения их объема и массы изменяется плотность полупродукта в целом. Учитывая, что плотность может быть легко определена опытным путем или вычислена по данным о содержании спирта и общего экстракта, ее иногда используют в продуктовых расчетах для нахождения масс отдельных компонентов (фаз) полупродукта по их объемам и наоборот.

При выполнении расчетов используют научно обоснованные нормы выхода продуктов (сусла, виноматериалов и т. д.) и образования отходов (выжимок, осадков и др.), а также предельно допустимые нормы естественно возникающих потерь. Некоторые виды потерь или прироста, которые весьма малы по сравнению с выходом продукта и его потерями на основных технологических операциях, в расчетах не учитывают, так как они не вносят существенных изменений в материальные балансы (например, добавление SO_2 и стабилизирующих материалов, диффузия сахара из суслы или спирта из виноматериала, а также изменение количества этих продуктов при обработке водно-бентонитовой суспензией и другими оклеивающими материалами, потери суслы и сахара на операциях приготовления чистой культуры дрожжей, взбраживания и др.). Однако методика продуктовых расчетов не исключает возможности проведения вычислений с учетом и этих изменений в составе и количестве материалов.

РАБОТА № 68. РАСЧЕТ ПРОДУКТОВ И БАЛАНС МАТЕРИАЛОВ ПРОИЗВОДСТВА

Принадлежности к работе. Процессуальные или технологические схемы производства белых виноградных столовых сухих и крепленых вин; графики поступления и переработки сырья, получения виноматериалов и готового вина; утвержденные или справочные производственно-технические (предельно допустимые) нормы выхода и потерь продуктов в винодельческой промышленности; фактические или справочные данные по удельному расходу сырья и вспомогательных материалов на передовых предприятиях отрасли; научно обоснованные данные отраслевых НИИ или вузов.

Продуктовый расчет начинают с приемки и переработки винограда и ведут пооперационно в строгой последовательности с принятой технологической схемой до момента отпуска готового вина со склада.

Расчеты и материальный баланс проводят на 1 т винограда средневзвешенного состава с определением количества получаемых полупродуктов (продуктов), отходов и потерь в килограммах и литрах.

Для определения количества материала x на выходе из операции пользуются расчетными формулами:

а) когда известен выход продукта из операции ($P, \%$), $x = N P / 100$;

б) когда известен процент (n) производственных потерь, $x = N(100 - n) / 100$, где N — количество материала, поступающего в операцию.

На стадии извлечения сусла из винограда учитывают количественно отход гребней, смоченных соком ягод в процессе дробления гроздей, и отход виноградных выжимок, а также не поддающиеся прямому учету потери сырья при его приеме и переработке.

При осветлении сусла его количество уменьшается за счет отделения взвесей (сусловых осадков), при этом в расчетах процент отхода взвесей считают одинаковым по массе и по объему от количества осветляемого сусла.

На стадиях брожения и дображивания сусла принимают во внимание не только потери брожения (выделения CO_2 и контракции), но и суммарные механические потери (потери при перекачивании, на смачивание, впитывание, испарение, разбрызгивание и т. п.).

Потери брожения $Q_{\text{бр}}$ (в кг) считают по количеству сбродившего сахара в сусле:

$$Q_{\text{бр}} = 10.46,6 \Delta C_{\text{и}} V_{\text{с}} / 100000, \quad (30)$$

где 46,6 — выход CO_2 при сбраживании 100 г инвертного сахара, г; $\Delta C_{\text{и}}$ — количество сбродившего инвертного сахара в 100 мл сусла, г (%); $V_{\text{с}}$ — количество сусла из 1 т винограда, поступающее на брожение, л.

Продуктовые расчеты подбраживания сусла со спиртованием проводят также в строгом соответствии с технологической схемой производства. Чаще всего их проводят для двух случаев: когда крепление сусла делается после сбраживания в нем заданного количества сахара и когда сусло крепят после сбраживания в нем такого количества сахара, чтобы после спиртования до заданной крепости в готовом купаже осталось строго определенное содержание сахара. В том и другом случае биохимические превращения экстракта при подбраживании более существенно влияют на массу продукта, чем на его объем, а при спиртовании — наоборот.

Изменение массы сусла при подбраживании происходит за счет выделения CO_2 , количество которого пропорционально количеству сбродившего сахара и вычисляется по формуле (30). Количество сбродившего сахара $\Delta C_{\text{и}}$ (в г на 100 мл, в %) в первом случае расчетов известно из условия задачи, во втором случае его вычисляют по специальной формуле

$$\Delta C_{\text{и}} = [V_{\text{с}} C_{\text{с}} - (V_{\text{с}} + V_{\text{сп}}) C_{\text{к}}] / V_{\text{с}} \text{ или } \Delta C_{\text{и}} = C_{\text{с}} - C_{\text{к}} (a_{\text{сп}} - 0,6 C_{\text{с}}) / (a_{\text{сп}} - a_{\text{к}} - 0,6 C_{\text{к}}), \quad (31)$$

где $V_{\text{с}}$ — объем подбраживаемого сусла, л; $V_{\text{сп}}$ — объем вводимого спирта, л; $C_{\text{с}}$ — сахаристость сусла до подбраживания, %; $C_{\text{к}}$ — сахаристость сусла (купажа) после спиртования, %; $a_{\text{сп}}$ — крепость этилового спирта, % об.; $a_{\text{к}}$ — концентрация спирта в сусле (купаже) после спиртования, % об.

При спиртовании изменяются объем и масса сусла за счет введенного спирта. В первом случае расчетов объем вводимого спир-

та $V_{\text{сп}}$ для доведения крепости сусла до требуемых кондиций вычисляют по преобразованному уравнению спиртового баланса $V_{\text{сп}} = V_{\text{с}}(a_{\text{к}} - a_{\text{с}})/(a_{\text{сп}} - a_{\text{к}})$, во втором случае пользуются специальной формулой

$$V_{\text{сп}} = V_{\text{с}}[a_{\text{к}} + 0,6(C_{\text{к}} - C_{\text{с}})](a_{\text{сп}} - a_{\text{к}} - 0,6C_{\text{к}}), \quad (32)$$

где $a_{\text{сп}}$ — концентрация спирта для крепления, % об.; $a_{\text{с}}$ — содержание спирта в сусле до спиртования, % об.; $a_{\text{к}}$ — содержание спирта в сусле после спиртования, % об.; 0,6 — коэффициент выхода спирта при сбраживании сахара, % об./%.

Массу вводимого спирта при спиртовании $Q_{\text{сп}}$ вычисляют умножением объема спирта $V_{\text{сп}}$ на его плотность при 20° С ($\rho_{\text{сп}}^{20}$).

Потери контракции при подбраживании или брожении насуха $V'_{\text{к}}$ определяют по повышению крепости сусла ($V'_{\text{к}} = V_{\text{с}} \cdot 0,0008 \Delta C_{\text{н}} \times \times 0,6$), а потери контракции при спиртовании $V_{\text{к}}^*$ — по повышению крепости купажа [$V_{\text{к}}^* = (V_{\text{с}} + V_{\text{сп}} - V'_{\text{к}}) \Delta a \cdot 0,0008$].

Выход этилового спирта при брожении сусла принимается равным в среднем 0,6 мл/г в пересчете на количество сброженного сахара, т. е. несколько меньше теоретического (0,623 мл/г), так как сахар частично расходуется дрожжами на генерации, а при брожении из него кроме этилового спирта образуются в небольшом количестве другие вещества.

При снятии молодых виноматериалов с дрожжей выход гущи (осадка) по объему принято вычислять от объема поступившего на брожение сусла. В зависимости от полноты выбраживания сахара и степени осветления виноматериала после дображивания отход жидкой дрожжевой гущи в продуктовых расчетах принимается равным 3,0—7,5%, а плотного дрожжевого осадка — 1,0—2,5% от объема сусла. Отход дрожжевой гущи (осадка) по массе вычисляют по разности масс неперелитого $Q_{\text{н}}$ и перелитого $Q_{\text{п}}$ виноматериала, при этом $Q_{\text{п}}$ рассчитывают по формуле $Q_{\text{п}} = V_{\text{п}} \rho_{\text{в}}^{20}$, где $V_{\text{п}}$ — объем виноматериала после переливки, л; $\rho_{\text{в}}^{20}$ — плотность виноматериала после переливки, приведенная к 20° С (293 К), кг/л.

Плотность в большинстве случаев вычисляют по уравнению аддитивности обобщенного вида

$$\rho_{\text{в}}^{20} = \rho_{\text{д}}^{20} + \rho_{\text{э}}^{20} - 0,99823 = 0,99823(a_{\text{д}}^{20} + a_{\text{э}}^{20} - 1,0000), \quad \text{где } \rho_{\text{д}}^{20} \text{ и } a_{\text{д}}^{20} \text{ —}$$

соответственно абсолютная (в кг/л) и относительная плотности водно-спиртовой части виноматериала (отгона) при 20° С (293 К); $\rho_{\text{э}}^{20}$ и $a_{\text{э}}^{20}$ — соответственно абсолютная (в кг/л) и относительная плотности водно-экстрактивной части виноматериала (общего экстракта) при 20° С (293 К); 0,99823 — абсолютная плотность воды при 20° С (293 К), кг/л; 1,0000 — относительная плотность воды при 20° С (293 К).

Потери виноматериалов и отходы при хранении рассчитывают по массе и по объему ежемесячно по годовым нормам, но в про-

дуктовых расчетах допускается их вычислять в один прием за весь период хранения, исключая в том и другом случае время нахождения продукта в технологических операциях. Расчеты проводят от среднего количества продукта за период хранения. Норму потерь n (в %) за весь период хранения вычисляют по формуле

$$n = G \tau / 12, \quad (33)$$

где G — годовая норма потерь продукта, %; τ — продолжительность хранения, мес.

Годовая норма потерь G при хранении принимается с учетом средней температуры продукта за период хранения, типа тары и хранилища.

Потери при обработке виноматериалов с целью стабилизации или типизации их качества находятся в зависимости от особенностей проведения отдельных технологических операций, вида тары и даже примененного оборудования и режима его работы. Их определяют пооперационно, а при комплексе технологических приемов — совокупно.

При оклейке виноматериалов рыбьим клеем, желатином, танином, ЖКС, суспензией бентонита и другими материалами, а также при обработке их консервантами изменения объема или массы продукта не учитывают ввиду их незначительности.

Потери при перекачивании, обработке теплом или холодом, выдержке, фильтрации и при розливе в стеклотару считают механическими. Их вычисляют по действующим предельно допустимым нормам либо принимают равными официальным данным.

Результаты продуктового расчета служат для составления материальных балансов, которые делают пооперационно, поэтапно или по всему технологическому циклу (сводный баланс). Пооперационные балансы составляют для проверки правильности проведенных расчетов для данной операции, в поэтапных балансах объединяют результаты нескольких взаимосвязанных операций технологического цикла для характеристики материальной стороны целых отдельных этапов производства — стадий с самостоятельным законченным технологическим циклом; в сводных материальных балансах отражаются конечные результаты технологической схемы, т. е. количества получаемых в итоге конечных продуктов, отходов и потерь при переработке единицы массы сырья.

В технологии столовых сухих белых вин к поэтапным материальным балансам относятся: материальный баланс переработки 1 т винограда на сусло; материальный баланс получения из осветленного сусла сухих обработанных (розливозрелых) виноматериалов; материальный баланс производства вина из розливозрелых виноматериалов.

Сопоставление результатов поэтапных и сводных материальных балансов проектируемой технологической схемы со средними данными отрасли позволяет оценить техническое совершенство этой схемы, ее эффективность и применить данные расчетов для решения инженерных вопросов.

Пример 49. Определить выход столового белого сухого ординарного вина из 1 т винограда.

Исходные данные

Технологическое задание (составляет преподаватель)

Показатели	Единицы измерения	Сортимент винограда		
		Рислинг	Ркацители	Клерет
Состав сырья по сортам	%	20	55	25
Сахаристость (средняя)	г на 100 мл	17,8	18,5	17,2
Содержание гребней	% мас.	5,2	2,8	4,0
Унос сусла гребнями при дроблении	% мас. от гребней	17,1	17,9	16,5
Выход неосветленного сусла (общий)	дал/т	75,0	76,2	75,5
В том числе:				
Сусла-самотека	»	56,0	54,5	54,0
Сусла низкого давления	»	8,7	8,1	6,9
Сусла высокого давления	»	10,3	13,6	14,6
Содержание взвесей в сусле-самотеке и сусле низкого давления	г/л	61	55	63
Выпуск вина в реализацию	лет	В течение года, следующего за урожаем, начиная с 1-го января		

Вычисление средневзвешенных величин показателей задания

Сахаристость перерабатываемого винограда $C_v = (17,8 \cdot 20 + 18,5 \cdot 55 + 17,2 \cdot 25) / (20 + 55 + 25) = 18,0$ г на 100 мл.

Содержание гребней в винограде $C_r = (5,2 \cdot 20 + 2,8 \cdot 55 + 4,0 \cdot 25) / 100 = 3,6\%$ мас.

Унос сусла гребнями при дроблении-гребнеотделении $n = (17,1 \cdot 20 + 17,9 \cdot 55 + 16,5 \cdot 25) / 100 = 17,4\%$ мас.

Удельный выход неосветленного сусла (общий) $v_0 = (75,0 \cdot 20 + 76,2 \cdot 55 + 75,5 \cdot 25) / 100 = 75,8$ дал/т.

Удельный выход неосветленного сусла-самотека $v_{с-с} = (56,0 \cdot 20 + 54,5 \cdot 55 + 54,0 \cdot 25) / 100 = 54,7$ дал/т.

Удельный выход неосветленного сусла низкого давления $v_{п д} = (8,7 \cdot 20 + 8,1 \cdot 55 + 6,9 \cdot 25) / 100 = 7,9$ дал/т.

Удельный выход неосветленного сусла высокого давления $v_{в д} = (10,3 \cdot 20 + 13,6 \cdot 55 + 14,6 \cdot 25) / 100 = 13,2$ дал/т.

Содержание взвесей в сусле-самотеке в смеси с суслом низкого давления $C_{вз} = [61(56,0 + 8,7) + 55(54,5 + 8,1) + 63(54,0 + 6,9)] / (56,0 + 8,7 + 54,5 + 8,1 + 54,0 + 6,9) = 59,66$ г/л, или 5,966 г на 100 мл (%).

Поэтапные расчеты продуктов с материальными балансами

Переработка винограда на сусло

Потери винограда при приемке, разгрузке, подаче на дробление и дроблении ($n = 0,6\%$) $n_v = 1000,00 \cdot 0,006 = 6,00$ кг.

Количество винограда, прошедшего дробление, $m_v = 1000,00 - 6,0 = 994,00$ кг.

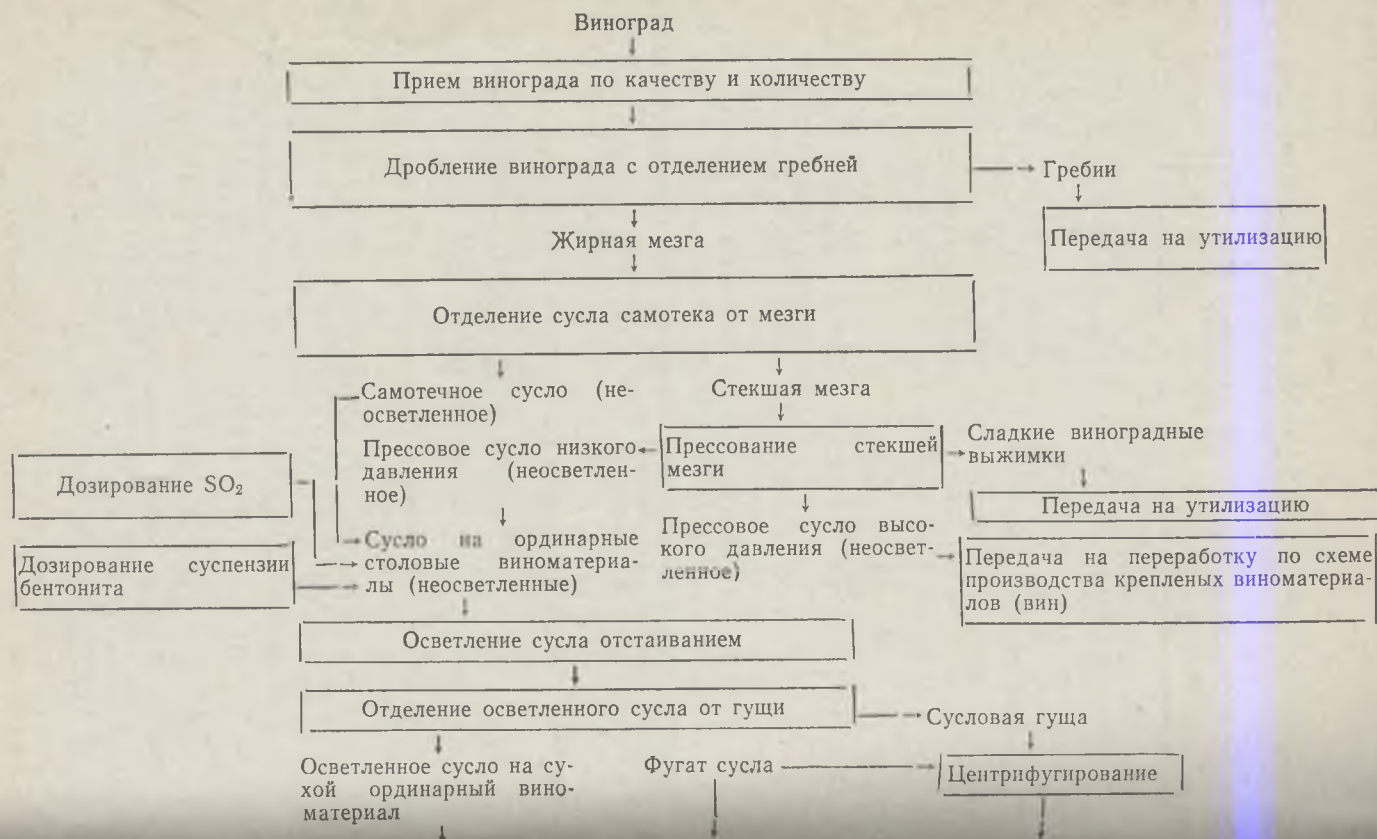
Количество гребней, образующихся из винограда при дроблении, $m_r = 994,00 \cdot 0,036(100 + 17,4) / 100 = 42,00$ кг.

Количество жирной мезги, образующейся из винограда при дроблении, $m_m = 994,00 - 42,00 = 952,00$ кг.

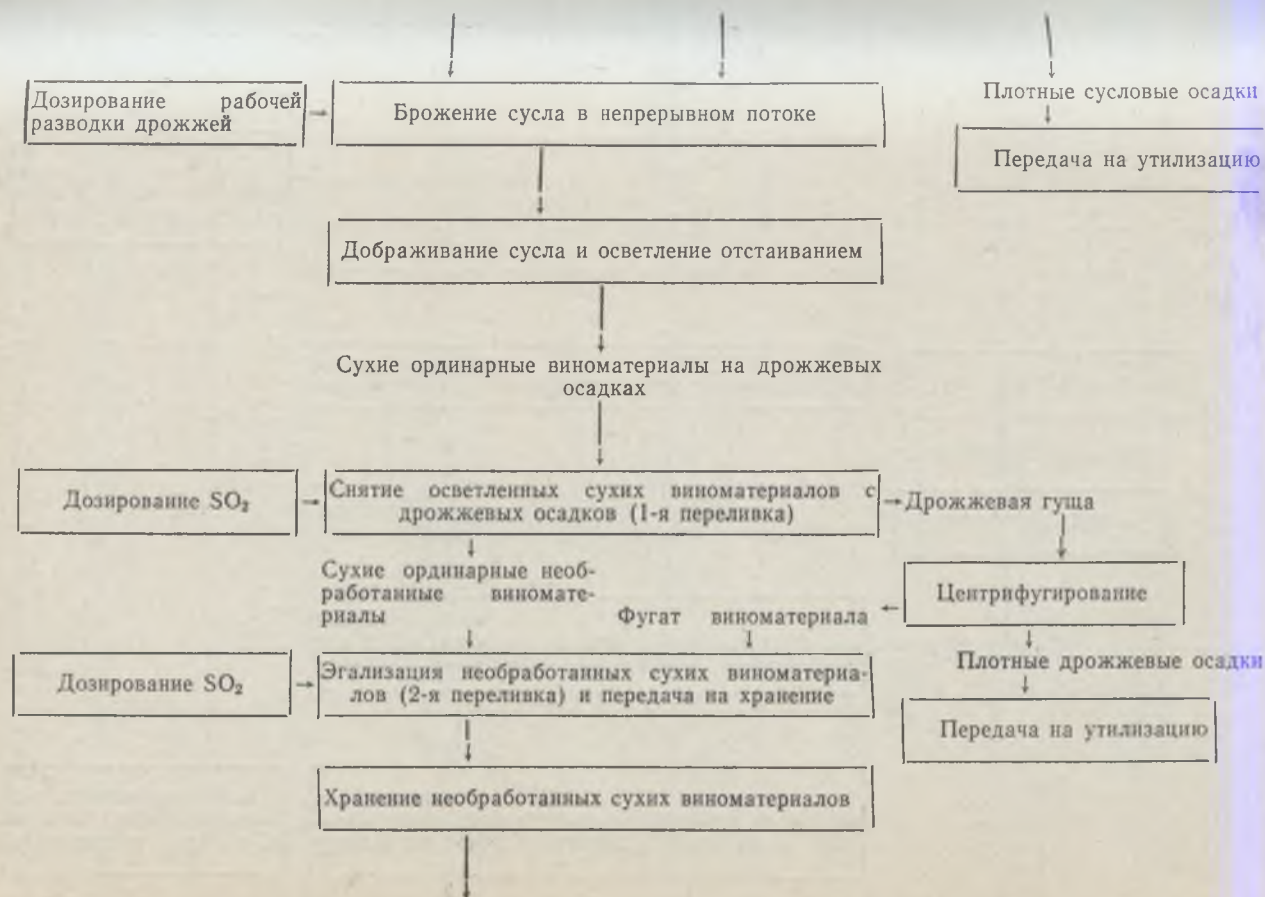
Потери сусла (мутного) в стекателях, прессах, суслосборниках и при перекачивании на осветление ($n = 0,5\%$) $n_c = 1000,00 \cdot 0,005 = 5,00$ кг.

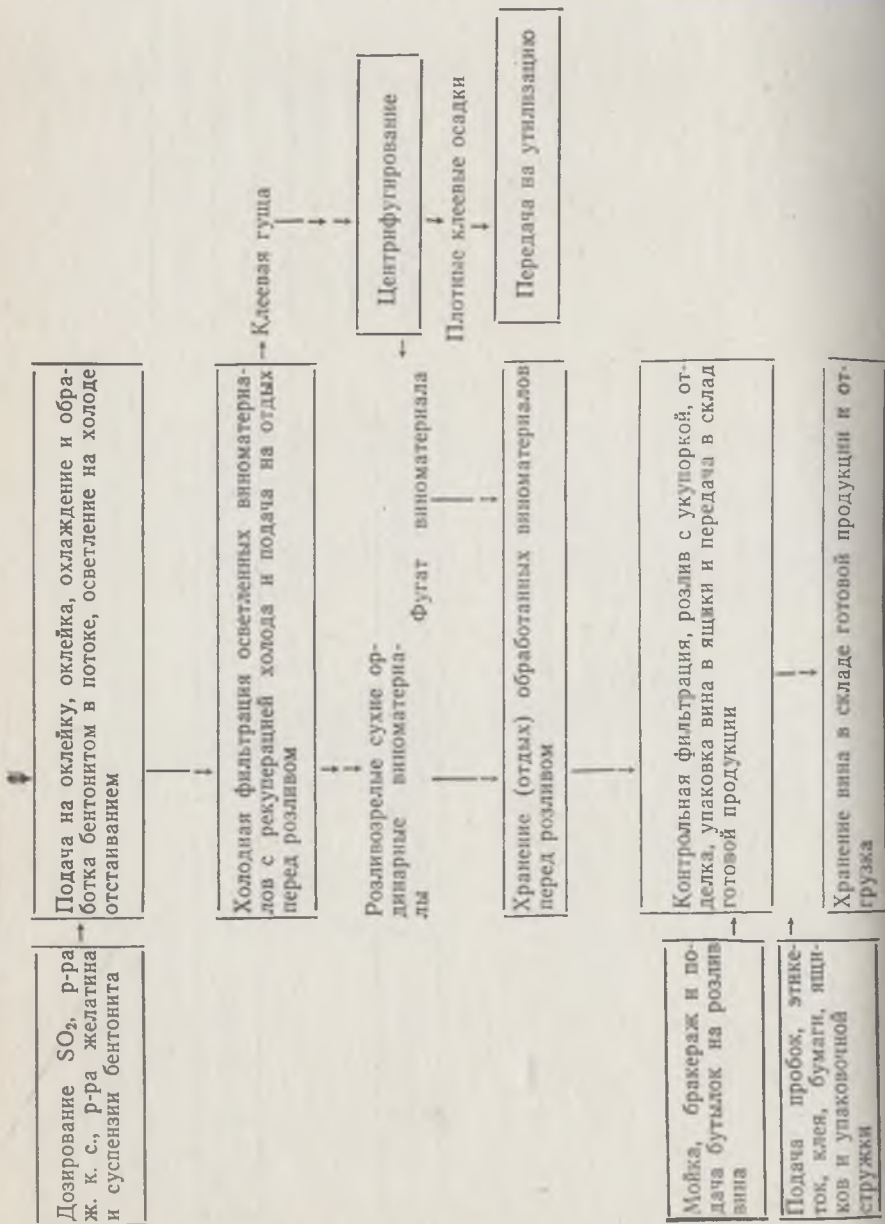
Процессуальная схема производства ordinарного столового белого сухого вина
(разрабатывает студент)

166



167





Количество отходящих сладких выжимок $m_{с.в.} = 952,00 - 5,00 - 758,00 \cdot 1,077 = 130,63$ кг (где 1,077 — плотность сусла сахаристостью 18,0% при 20° С, кг/л).
 Количество отходящего мутного сусла высокого давления $m_{в.д.} = 132,00 \times 1,077 = 142,17$ кг.

Количество сусловой гущи из смеси сусла-самотека и сусла низкого давления (содержание плотных осадков в сусле взято по взвесям и составляет $5,966/1,077 = 5,54\%$ об., а соотношение сусла и плотных частей в гуще принято равным 1,5:1) $m_{с.г.} = (547,00 + 79,00) (1 + 1,5) \cdot 5,54/100 = 86,60$ л, или $(547,00 + 79,00) \cdot 1,077 (1 + 1,5) \cdot 5,54/100 = 93,38$ кг.

Количество осветленного сусла-самотека в смеси с суслом низкого давления, полученного при декантировании с осадка, $m_{с-с} = (547,00 + 79,00) - 86,70 = 539,30$ л, или $(547,00 + 79,00) \cdot 1,077 - 93,38 = 580,82$ кг.

Выход продуктов при центрифугировании сусловой гущи:

фугата сусла $86,70 \cdot 1,5/2,5 = 52,02$ л, или $93,38 \cdot 1,5/2,5 = 56,03$ кг;

сульфитированного плотного суслового осадка $86,70 \cdot 1/2,5 = 34,68$ л, или $93,38/2,5 = 37,35$ кг.

Выход осветленного сусла для брожения на сухое ординарное вино: $539,30 + 52,02 = 591,32$ л, или $580,82 + 56,03 = 636,85$ кг.

Материальный баланс переработки 1000 кг винограда на осветленное сусло для сухого ординарного вина

Поступление	Единицы измерения		Выход	Единицы измерения	
	кг	л		кг	л
Сырье			Продукты		
Виноград	1000,00	—	осветленное сусло для	636,85	591,32
В том числе сусло	—	758,00	сухого ординарного		
из него неосветлен-			виноматериала		
ное			неосветленное сусло	142,17	132,00
			для крепленого ви-		
			номатериала		
			Отходы		
			сладкие выжимки	130,63	—
			гребни после дробле-	42,00	—
			ния винограда		
			сульфитированные	37,35	34,68
			плотные сусловые		
			осадки		
			Потери		
			при приемке и раз-	6,00	—
			грузке		
			при переработке мезги	5,00	—
			на сусло		
ИТОГО			ИТОГО		
	1000,00	758,00		1000,00	758,00

Переработка сусла на сухой ординарный обработанный виноматериал

Потери при брожении в потоке до остаточной сахаристости 3,0%, которая принята по режиму работы броидильных аппаратов непрерывного действия: на образование CO_2 $46,6 \cdot 10 (18,0 - 3,0) \cdot 591,32/100000 = 41,33$ кг;

на контракцию образовавшегося при брожении спирта $0,0008 \cdot 0,6(18,0-3,0) \times 591,32 = 4,26$ л, или $4,26 \cdot 100/591,32 = 0,72\%$ об.; механические (приняты равными $0,6\%$) $0,6 \cdot 636,85/100 = 3,82$ кг, или $0,6 \times 591,32/100 = 3,55$ л.

Выход сусла-недоброда из аппаратов непрерывного сбраживания $591,32 - 4,26 - 3,55 = 583,51$ л, или $636,85 - 41,33 - 3,82 = 591,70$ кг.

Потери при дображивании насухо и осветлении в емкостях для хранения: на образование CO_2 $46,6 \cdot 10(18,0-15,0) \cdot 591,32/100000 = 8,27$ кг;

на контракцию образовавшегося при дображивании спирта $0,08 \cdot 0,6(18-15) \times 591,32/100 = 0,85$ л, или $0,85 \cdot 100/591,32 = 0,144\%$ об.;

механические (приняты равными разности между средней величиной суммарных объемных потерь брожения $3,0\%$ и уже учтенными потерями: $3,0 - 0,72 - 0,6 - 0,144 = 1,536\%$ об.): $591,32 \cdot 1,536/100 = 9,08$ л, или $636,85 \cdot 1,536/100 = 9,78$ кг.

Количество молодого виноматериала на момент снятия с дрожжевых осадков: $583,51 - 0,85 - 9,08 = 573,58$ л, или $591,70 - 8,27 - 9,78 = 573,65$ кг.

Потери при снятии виноматериалов с дрожжевых осадков (приняты равными $0,5\%$ от объема сусла) $591,32 \cdot 0,005 = 2,96$ л, или $2,96 \cdot 573,65/573,58 = 2,96$ кг.

Выход продуктов по объему при снятии с осадка дрожжей:

дрожжевой гущи (выход гущи принят равным $7,5\%$ об. из условия, что ее образуется в 3 раза больше, чем плотной дрожжевой массы, представляющей собой дрожжевые отходы при брожении сусла насухо и составляющей $2,5\%$ об. от осветленного сусла) $591,32 \cdot 0,075 = 44,35$ л;

осветленного, снятого с осадков виноматериала $573,58 - 2,96 - 44,35 = 526,27$ л.

Выход продуктов по массе при снятии с осадка дрожжей:

осветленного, снятого с осадков виноматериала $526,27 \cdot 0,99155 = 521,82$ кг, где $0,99155$ — плотность виноматериала при 20°C (в кг/л), вычисленная по содержанию в нем спирта ($18,0 \cdot 0,6 = 10,8\%$ об.) и общего экстракта, принятого равным $2,0\%$; $\rho_n^{20} = 0,99823(0,98555 + 1,00776 - 1,00000) = 0,99155$ кг/л;

дрожжевой гущи $573,65 - 2,96 - 521,82 = 48,87$ кг.

Выход продуктов при центрифугировании дрожжевых гущ:

виноматериала-фугата, составляющего $7,5 - 2,5 = 5,0\%$ об. от сбраживаемого сусла, или $5,0 : 7,5 = 2/3$ части от объема дрожжевой гущи, $44,35 \cdot 2/3 = 591,32 \times 0,05 = 29,57$ л, или $29,57 \cdot 0,99155 = 29,32$ кг;

плотной дрожжевой массы (осадка), составляющей $2,5\%$ об. от сбраживаемого сусла, или $1/3$ часть от объема дрожжевой гущи, $591,32 \cdot 0,025 = 44,35 \cdot 1/3 = 44,35 - 29,57 = 14,68$ л, или $48,87 - 29,32 = 19,55$ кг.

Выход необработанных сухих обычных виноматериалов после отделения дрожжевых осадков и их центрифугирования (с учетом использования виноматериала-фугата) $526,27 + 29,57 = 555,84$ л, или $521,82 + 29,32 = 551,14$ кг.

Потери виноматериала при второй переливке с эгализацией (с учетом вместимости резервуаров под виноматериалами и рабочего объема эгализатора потери приняты равными $n = 0,08 + 0,07 = 0,15\%$) $555,84 \cdot 0,0015 = 0,83$ л, или $551,14 \times 0,0015 = 0,83$ кг.

Выход необработанных виноматериалов после второй переливки: $555,84 - 0,83 = 555,01$ л, или $551,14 - 0,83 = 550,31$ кг.

Потери виноматериала при хранении до передачи на обработку с целью стабилизации ($n = 0,4\%$ в год, продолжительность хранения — 12 мес., ритмичность передачи на обработку — равномерно в течение всего срока хранения, начиная с момента снятия с дрожжевых осадков) : $1/2 \cdot 555,84 \cdot 0,4 \cdot 12/(12 \cdot 100) = 1,11$ л, или $1/2 \cdot 551,14 \cdot 0,4 \cdot 12/(12 \cdot 100) = 1,10$ кг.

Выход необработанных эгализованных виноматериалов перед обработкой для придания стабильности: $555,01 - 1,11 = 553,90$ л, или $550,31 - 1,10 = 549,21$ кг.

Потери виноматериала при обработке: при передаче на оклейку в потоке ($n = 0,08\%$), при оклейке в потоке (не начисляются), при охлаждении в потоке с последующей выдержкой на холоде до 10 сут для осветления с рекуперацией холода ($n = 0,42\%$) и при фильтрации через фильтр-картон ($n = 0,15\%$) с передачей в емкости для отдыха перед розливом ($n = 0,08\%$) $553,90(0,08 + 0,42 + 0,08 + 0,15)/100 = 4,04$ л, или $549,21(0,08 + 0,42 + 0,08 + 0,15)/100 = 4,01$ кг.

Выход обработанных розливозрелых виноматериалов $553,90 - 4,04 = 549,86$ л, или $549,21 - 4,01 = 545,20$ кг.

Потери виноматериала при хранении (отдыхе) перед розливом ($n=0,4\%$ в год, продолжительность хранения принята в среднем равной 12 сут) $549,86 \times 0,4 \cdot 12 / (365 \cdot 100) = 0,07$ л, или $545,20 \cdot 0,4 \cdot 12 / (365 \cdot 100) = 0,07$ кг.
Выход обработанных виноматериалов перед подачей на розлив $549,86 - 0,07 = 549,79$ л, или $545,20 - 0,07 = 545,13$ кг.

Материальный баланс получения из сусла обычных сухих обработанных виноматериалов

Поступление	Единицы измерения		Выход	Единицы измерения	
	кг	л		кг	л
С ы р ь е			П р о д у к т ы		
Осветленное сусло самотечной и прес- совой фракции низкого давления	636,85	591,32	сухой обычный об- работанный винома- териал	545,13	549,79
			О т х о д ы		
			дрожжевой осадок (плотный)	19,55	14,78
			диоксид углерода, образующийся при брожении	49,60	—
			П о т е р и		
			брожение и дображи- вание (общие)	13,60	17,74
			переливки с эгализа- цией (общие)	3,79	3,79
			хранение до обработ- ки	1,10	1,11
			оклейка, обработка холодом и фильтрация	4,01	4,04
			хранение (отдых) пе- ред розливом	0,07	0,07
ИТОГО	636,85	591,32	ИТОГО	636,85	591,32

Выпуск готового сухого обычного вина
из обработанных виноматериалов

Потери виноматериала при подаче на розлив ($n=0,08\%$), при розливе в бутылки с контрольной фильтрацией и последующей укупоркой ($n=0,37\%$) $549,79 (0,08 + 0,37) / 100 = 2,47$ л, или $545,13 (0,08 + 0,37) / 100 = 2,45$ кг.

Количество виноматериала в бутылках, поступающих на отделку (оформление), $549,79 - 2,47 = 547,32$ л, или $545,13 - 2,45 = 542,68$ кг.

Потери виноматериала при отделке (оформлении), укладке в ящики и передаче в склад готовой продукции ($n=0,04\%$) $547,32 \cdot 0,0004 = 0,22$ л, или $542,68 \times 0,0004 = 0,22$ кг.

Количество вина, переданного в склад готовой продукции, $547,32 - 0,22 = 547,10$ л, или $542,68 - 0,22 = 542,46$ кг.

Потери вина при хранении в складе готовой продукции и при отгрузке для реализации ($n=0,02\%$) $547,10 \cdot 0,02 / (100 - 0,02) = 0,11$ л, или $542,46 \cdot 0,02 / (100 - 0,02) = 0,11$ кг.

Выход вина со склада готовой продукции (нетто) $547,10 - 0,11 = 546,99$ л, или $542,46 - 0,11 = 542,35$ кг.

Материальный баланс выпуска вина из розливозрелых виноматериалов

Поступление	Единицы измерения		Выход	Единицы измерения	
	кг	л		кг	л
С ы р ь е			П р о д у к т ы		
Обработанные розливозрелые виноматериалы	545,13	549,79	готовое вино, реализованное со склада	542,35	546,99
			П о т е р и		
			на розливе с контрольной фильтрацией и укупоркой	2,45	2,47
			на отделке, упаковке и при передаче в склад готовой продукции	0,22	0,22
			при хранении в складе готовой продукции и отгрузке в реализацию	0,11	0,11
ИТОГО	545,13	549,79	ИТОГО	545,13	549,79

Заключение об эффективности принятой технологической схемы

Потери сусла за полный технологический цикл получения розливозрелых виноматериалов (от осветленного сусла до подачи на розлив) составляют (в % от объема сусла): $(591,32 - 549,79) \cdot 100 / 591,32 = 7,03\%$ об., а выход виноматериала соответственно равен $\approx 93,0\%$ об., что согласуется с выходами на передовых предприятиях отрасли.

Пример 50. Определить выход ординарного белого крепкого вина из 1 т винограда.

Производство белых крепленых вин из винограда по белому способу, применяемому в технологии белых столовых вин, можно разделить условно на четыре этапа:

- 1 — получение из винограда сусла;
- 2 — получение из сусла необработанных крепленых виноматериалов;
- 3 — обработка крепленых виноматериалов, включающая типизацию и стабилизацию;
- 4 — розлив обработанных виноматериалов.

Расчеты продуктов к первому, третьему и четвертому этапам являются общими для производства вин из винограда по белому способу и принципиально выполняются так же, как и продуктовые расчеты производства белых сухих вин. Расчеты для второго этапа проводят по специальным формулам. В данном задании поставлена цель изучить специфику и освоить методику расчета продуктов производства крепленых вин методом подбраживания и спиртования сусла до заданных кондиций по содержанию сахара и спирта.

Продуктовые расчеты и материальный баланс

Содержание взвесей в сусле:

по массе $132,00 - 0,09 = 11,88$ кг;

по объему (при плотности, принятой равной плотности сусла — $1,079$ кг/л)
 $11,88 : 1,079 = 11,01$ л.

Сводный материальный баланс производства белого сухого ординарного вина малоокисленного типа из 1000 кг винограда

Поступление	Единицы измерения		Выход	Единицы измерения	
	кг	л		кг	л
Сырье			Продукты		
Виноград	1000,00	—	вино, реализованное со склада готовой продукции	542,35	546,99
В том числе сусло неосветленное (общее количество)	—	758,00	Полупродукты		
			сусло неосветленное прессовое (дожимочные фракции)	142,17	132,00
			Отходы		
			выжимки виноградные сладкие	130,63	—
			гребни непрессованные сладкие	42,00	—
			сусловые осадки плотные	37,35	34,68
			дрожжевые осадки плотные	19,55	14,78
			диоксид углерода, образующийся при брожении	49,60	—
			Потери		
			при переработке винограда и осветлении сусла (общие)	11,00	—
			при получении обработанных виноматериалов из сусла (общие, включая хранение)	22,57	26,75
			на розливе и при отгрузке готовой продукции (общие)	2,78	2,80
ИТОГО	1000,00	758,00	ИТОГО	1000,00	758,00

Количество образующейся при отстаивании сусловой гущи (при условии, что взвеси полностью переходят в осадок и образуют сусловую гущу, в которой соотношение взвесей к суслу составляет (1:2) $11,88 \cdot 3 = 35,64$ кг, или $11,01 \cdot 3 = 33,03$ л.

Количество осветленного сусла, получаемого при отделении от гущи, $132,00 - 1,079 - 35,64 = 106,79$ кг, или $132,00 - 33,03 = 98,97$ л.

Выход продуктов при центрифугировании сусловой гущи: фугата сусла (из расчета полного отделения взвесей) $35,64 - 11,88 = 23,76$ кг, или $33,03 - 11,01 = 22,02$ л;

плотного суслового осадка (взвесей) 11,88 кг, или 11,01 л.

Общее количество осветленного сусла, поступающего на подбраживание и спиртование (с учетом расхода на приготовление дрожжевой разводки), $106,79 + 23,76 = 130,55$ кг, или $98,97 + 22,02 = 120,99$ л.

Исходные данные

Технологическое задание (составляет преподаватель)

Сырье

Прессовое сусло высокого давления из винограда, перерабатываемого на белые сухие ординарные виноматериалы

средняя сахаристость, % 18,0
 средний удельный выход, дал из 1 т винограда 13,2
 среднее содержание взвесей, кг/л 0,09

Вспомогательные материалы

Спирт этиловый ректификованный 96,2

средняя крепость при 20° С, % об. Продукты

Купажные крепкие белые виноматериалы, снятые с дрожжевых осадков 8,0
 18,0

сахаристость, %
 спиртуозность, % об.

Дополнительные условия

Отстаивание

способ осветления сусла и виноматериалов

средняя сахаристость бродящего сусла на момент спиртования

Величина, понижающаяся до 8,0% после введения спирта

Количество спирта-ректификата для крепления подбродившего сусла до заданных кондиций по крепости $120,99[18,0 + 0,6(8,0 - 18,0)] / (96,2 - 18,0 - 0,6 \cdot 8,0) = 19,78$ л, или $19,78 \cdot 0,80665 = 15,96$ кг (где 0,80665 — плотность спирта-ректификата при 20° С, кг/л).

Количество спирта-ректификата для крепления подбродившего сусла с учетом потерь при подаче на спиртование (потери приняты равными 0,04%) $19,78 - 19,78 \cdot 96,2 \cdot 0,04 / (100 \cdot 100) = 19,77$ л, или $15,96 - 15,96 \cdot 96,2 \cdot 0,04 / (100 \cdot 100) = 15,95$ кг.

Потери спирта-ректификата при подаче на крепление $19,78 - 19,77 = 0,01$ л, или $15,96 - 15,95 = 0,01$ кг.

Перед брожением в сусле должно сбродить $[120,99 \cdot 18,0 - (120,99 + 19,77) \times 8,0] / 120,99 = 8,69\%$ сахара и образоваться $8,69 \cdot 0,6 = 5,21\%$ об. спирта.

Потери при подбраживании 8,69% сахара:

на образование диоксида углерода $46,6 \cdot 10 \cdot 8,69 \cdot 120,99 / 100000 = 4,90$ кг;
 на контракцию образовавшегося при подбраживании спирта $120,99 \cdot 0,0008 \times 8,69 \cdot 0,6 = 0,50$ л, или $0,08 \cdot 8,69 \cdot 0,6 = 0,42\%$ об.;
 механические (приняты равными 0,2%) $120,99 \cdot 0,002 = 0,24$ л, или $130,55 \times 0,002 = 0,26$ кг.

Выход подброженного сусла перед спиртованием $130,55 - 4,90 - 0,26 = 125,39$ кг, или $120,99 - 0,50 - 0,24 = 120,25$ л.

Потери контракции при спиртовании (без включения ранее учтенных потерь контракции при подбраживании) $(120,25 + 19,77) \cdot 0,0008 (18,0 - 5,21) = 1,43$ л, что составляет $0,08 (18,0 - 5,21) \approx 1,02\%$ об.

Выход крепленых виноматериалов, поступающих на осветление, $125,39 + 15,95 = 141,34$ кг, или $120,25 + 19,77 - 1,43 = 138,59$ л.

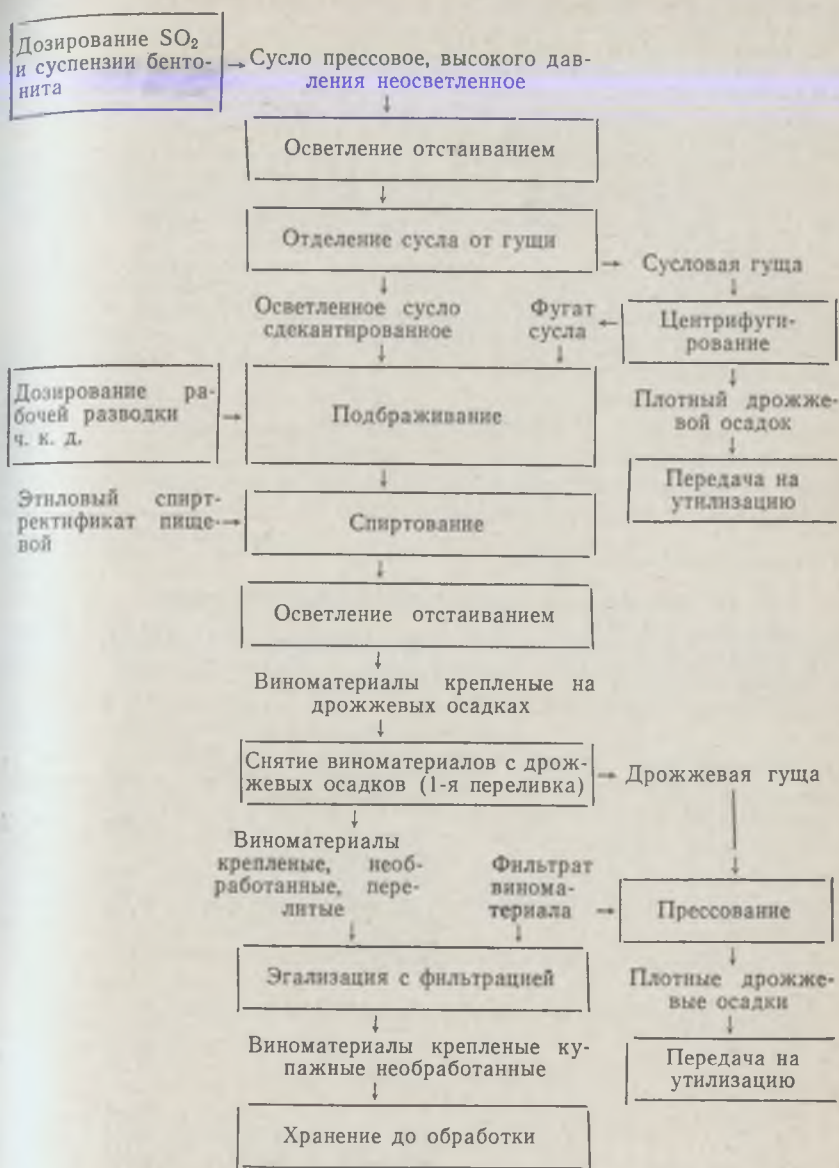
Кондиции крепленых виноматериалов с учетом контракции при подбраживании и спиртовании:

содержание сахара $120,99(18,0 - 8,69) / (120,99 + 19,77 - 0,50 - 1,43) = 8,1\%$;
 содержание спирта $(120,99 \cdot 5,21 + 19,77 \cdot 96,2) / (120,99 + 19,77 - 0,50 - 1,43) = 18,2\%$ об.

Плотность виноматериалов при величине приведенного экстракта 1,9% $\rho_{20}^{20} = 0,99823(0,9755 + 1,0386 - 1,0000) = 1,0123$ кг/л.

Потери крепленых виноматериалов при снятии с дрожжевой гущи, включая потери при прессовании гущи ($n = 0,5\%$ от количества осветленного сусла, взятого для производства виноматериалов), $120,99 \cdot 0,005 = 0,60$ л, или $0,60 \times 141,34 / 138,59 = 0,61$ кг.

Количество крепленых виноматериалов, прошедших переливку (с учетом потерь), $141,34 - 0,61 = 140,73$ кг, или $138,59 - 0,60 = 137,99$ л.



Выход продуктов при снятии с дрожжевых гущ:

жидкой дрожжевой гущи (выход гущи принят равным 4,5% от объема осветленного сусла, взятого для производства виноматериалов) $120,99 \cdot 4,5 / 100 = 5,44$ л;

осветленных виноматериалов, перелитых декантированием, $137,99 - 5,44 = 132,55$ л, или $132,55 \cdot 1,0123 = 134,18$ кг.

Выход продуктов при прессовании дрожжевой гущи:
 фильтрованного виноматериала (2/3 от объема дрожжевой гущи) $5,44 \cdot 2/3 = 3,63$ л, или $3,63 \cdot 1,0123 = 3,67$ кг;
 плотного дрожжевого осадка (1/3 от объема дрожжевой гущи, или 1,5% от объема осветленного сусла) $5,44 \cdot 1/3 = 1,81$ л, или $1,81 \cdot 1,0123 = 1,84$ кг;
 — (134,18 + 3,67) = 2,88 кг.

Эгализация с последующей грубой фильтрацией перелитых и полученных из дрожжевой гущи крепленых виноматериалов:

потери (при подаче на эгализацию — учтены с потерями при снятии с дрожжевой гущи; при перемешивании механической мешалкой — не начисляются; при подаче на фильтрацию и после фильтрации на хранение — приняты равными 0,07%; при фильтрации — приняты равными 0,05%) $(132,55 + 3,63) (0,07 + 0,05) / 100 = 0,16$ л, или $(134,18 + 3,67) (0,07 + 0,05) / 100 = 0,16$ кг;

выход купажных крепленых необработанных виноматериалов, прошедших эгализацию, $132,55 + 3,63 - 0,16 = 136,02$ л, или $134,18 + 3,67 - 0,16 = 137,69$ кг.

Хранение купажных крепленых виноматериалов до обработки:

потери ($n = 0,4\%$ в год; продолжительность хранения — 6 мес; ритмичность подачи на обработку — равномерно в течение срока хранения, начиная с прове-

Материальный баланс

Поступление	Единицы измерения		Выход	Единицы измерения	
	кг	л		кг	л
Сырье			Продукты		
сусло пресовое высокого давления (неосветленное)	142,43	132,00	виноматериалы купажные крепленые необработанные	137,55	135,88
Вспомогательные материалы:			Отходы		
спирт этиловый ректификованный крепостью 96,2 % об.	15,96	19,78	дрожжевой осадок (отфильтрованный)	2,88	1,81
			сусловой осадок (отцентрифугированный)	11,88	11,01
			диоксид углерода, образующийся при брожении	4,90	—
			Потери		
			при брожении и спиртовании	—	0,50
				0,26	0,24
				—	1,43
				0,01	0,01
			при переливке с эгализацией и фильтрованием	0,61	0,60
				0,16	0,16
			при хранении	0,14	0,14

ИТОГО 158,39 151,78

ИТОГО 158,39 151,78

денная эгализации) $1/2 \cdot 136,02 \cdot 0,4 \cdot 6 / (12 \cdot 100) = 0,14$ л, или $1/2 \cdot 137,69 \cdot 0,4 \cdot 6 / (12 \cdot 100) = 0,14$ кг;
 выход купажных крепленых виноматериалов на момент подачи на обработку $136,02 - 0,14 = 135,88$ л, или $137,69 - 0,14 = 137,55$ кг.

Заключение об эффективности принятой технологической схемы

Заключение делают после сопоставления величины относительного выхода виноматериала по данной схеме с величиной относительного выхода его по другим схемам. Для данной схемы выход равен:
 по неосветленному суслу $135,88 \cdot 100 / 132,00 = 102,9\%$;
 по осветленному суслу $135,88 \cdot 100 / 120,99 = 112,3\%$.

Отчет

Отчет о работе включает задание на проведение расчета продуктов, составленное в форме таблицы (см. примеры 49, 50); процессуальную схему технологического цикла производства заданных продуктов, разработанную студентом; расчеты заданных продуктов с указанием источников, из которых получены дополнительные данные для вычислений; материальные балансы производства (пооперационные и за полный технологический цикл); выводы, в которых отмечаются преимущества отдельных показателей расчетов для принятой технологической схемы.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. 1 — составление процессуальной схемы производства одного из видов винодельческой продукции; 2 — выполнение расчета продуктов и составление сводного материального баланса производства по условиям п. 1.

Задания выполняет каждый студент в индивидуальном порядке по теме своего курсового проекта или в тесной увязке с ней.

Дополнительные задания. 1 — сопоставление результатов проведенных расчетов продуктов из одного и того же по составу и качеству сырья для 2—3 конкурирующих способов (технологических схем) производства; 2 — сопоставление результатов проведенных расчетов продуктов производства одного и того же виноматериала или вина по принятой технологической схеме для различного по составу и качеству сырья.

Задания выполняются в увязке с темой курсового проекта или работы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем состоят особенности методики расчета продуктов в производстве столовых и крепленых виноматериалов (вин) из винограда?
2. Как рассчитывается количество образующегося при брожении диоксида углерода?
3. Какие виды потерь и отходов имеются на стадии переработки винограда, при сбраживании и спиртовании сусла, при обработке и хранении виноматериалов?
4. Как рассчитываются потери от контракции?
5. Как рассчитываются потери при хранении виноматериалов?
6. Какие виды потерь продуктов относятся к механическим?

ПРОИЗВОДСТВО СОВЕТСКОГО ШАМΠΑНСКОГО

Расчеты продуктов производства игристых вин имеют свою специфику, которая отражает особенности их технологии.

Расчеты проводят на 1000 бутылок готового продукта, т. е. их ведут с конца к началу технологической схемы, по формулам:

$$x = 100 N / 100 - n; y = x - N,$$

где x — количество материала, поступающего в данную операцию, л; N — количество материала, выходящего из операции, л; n — потери и отходы в операции, %; y — потери и отходы в операции, л.

При получении игристых вин используются кроме виноматериалов, подвергаемых технологической обработке, специальные ликеры (резервуарный, тиражный, экспедиционный) и дрожжевая разводка чистой культуры. Производимые по ходу технологического процесса отбор купажа для приготовления ликеров и дрожжевой разводки или, наоборот, добавление этих полупродуктов приводят к необходимости исчислять удельные потери и отходы сырья от переменной величины. Траты, возникающие при получении полупродуктов и подготовке их к шампанизации, в продуктовых расчетах учитываются отдельно.

Для приготовления ликеров и дрожжевой разводки применяют обработанные виноматериалы, крупнокристаллический рафинированный сахар-песок, коньячный спирт (для экспедиционного ликера), лимонная кислота и другие материалы. Количества сахара и лимонной кислоты в продуктовых расчетах выражают в единицах массы и объема, перевод одних в другие выполняют с помощью величин плотности веществ. В расчетах ликеров применяют также коэффициенты для учета инверсии сахарозы и содержания ее в техническом сахаре.

В производстве игристых вин часть сахара необратимо расходуется для получения необходимого давления в готовом продукте. Содержание сахара в резервуарной (тиражной) смеси, приготовленной из расчета шампанизации на брют, для практических целей достаточно точно рассчитывается по формуле

$$C = \beta_x \cdot 10 p / 0,247 + a + b, \quad (34)$$

где β_x — поглотительная способность вина к диоксиду углерода при данных температуре и составе вина; p — абсолютное равновесное давление в конце шампанизации, МПа; 0,247 — количество CO_2 в нормальных условиях, образующееся при выбраживании 1 г сахара, л; a — количество сахара, необходимое для обеспечения жизнедеятельности дрожжей, г/л; b — количество остаточного сахара при выбраживании на брют, г/л.

Найденная по формуле (34) величина C варьирует для условий шампанизации незначительно, поэтому в расчетах продуктов ее можно принимать равной 22 г/л.

Расход сахара на приготовление резервуарного (тиражного) ликера вычисляют по формуле

$$Q = 0,95 C_0 q_p / C, \quad (35)$$

где 0,95 — коэффициент пересчета инвертного сахара на сахарозу; C_0 — содержание инвертного сахара в ликере (повышение сахаросодержания в виноматериале), г на 100 мл; C — содержание сахарозы в техническом сахаре, %; q_p — удельное количество ликера с учетом потерь на приготовление, л.

В расчетах учитывают, что резервуарный (тиражный) ликер расходуется не только на шампанизацию, но и для приготовления дрожжевой разводки, а в производстве периодическим способом им обеспечиваются и кондиции готового игристого вина по содержанию сахара.

Количества компонентов экспедиционного ликера рассчитывают следующим образом:

расход сахара определяют по формуле (35) с заменой в ней q_p на q_3 ;

расход коньячного спирта вычисляют по формуле

$$A = q_3 [1,685 C (a_d - a_b) + a_b C_0] / [1,685 C (a_c - a_d)], \quad (36)$$

где q_3 — удельное количество экспедиционного ликера с учетом потерь на приготовление, л; 1,685 — произведение плотности сахарозы (1,605) на коэффициент пересчета сахарозы в инвертный сахар (1,05); a_d — спиртуозность готового ликера, % об.; a_b — спиртуозность виноматериала, % об.; a_c — крепость коньячного спирта, % об.

расход лимонной кислоты определяют по формуле

$$K = 0,93 (K_d q_3 - K_b q_3) / 1000, \quad (37)$$

где 0,93 — коэффициент пересчета винной кислоты в лимонную; K_d — титруемая кислотность ликера, г/л; K_b — титруемая кислотность вина, г/л; q_b — количество виноматериалов в составе экспедиционного ликера, л.

Ассортимент и кондиции (по содержанию сахара) игристых вин, выпускаемых в СССР, разнообразны. Они могут быть получены не только на основе белых, но и красных (розовых) виноматериалов. Производство их основано на различных способах.

Полупродукты, применяемые в производстве игристых вин, существенно различаются составом. Так, в соответствии с требованиями технологии резервуарную (тиражную) смесь готовят из расчета шампанизации на брют или непосредственно на марку, тиражный и резервуарный ликеры могут иметь сахаристость 50—70%, экспедиционный — 70—80% (в расчете на инвертный сахар). Питательная смесь для генерации дрожжей составляется с содержанием сахара от 2 до 8%, несколько варьирует и концентрация клеток дрожжей в готовой их разводке и в бродильной смеси для шампанизации. Поэтому прежде чем приступить к продуктовым расчетам по выбранной процессуальной схеме, необходимо конкретизировать некоторые специфические для производства игристых вин частные технологические условия.

Производство игристых вин может включать в себя и переработку винограда. В этом, более сложном, случае разрабатывают кроме основных процессуальных схем технологические схемы и соответствующие частные технологические условия по первичному виноделию и по ним выполняют продуктовые расчеты. В результате определяют выход виноматериалов из единицы (1000,00 кг)

винограда. Сопоставляя его с удельным расходом виноматериалов, устанавливают, сколько винограда требуется для выпуска 1000 бутылок готовой продукции. Эти соотношения используют также и в продуктовых расчетах переработки прессовых фракций.

РАБОТА № 69. РАСЧЕТ ПРОДУКТОВ И БАЛАНС МАТЕРИАЛОВ ПРОИЗВОДСТВА

Принадлежности к работе. Процессуальная схема производства данного игристого вина выбранным методом с обозначением продуктовых потоков и указанием последовательности выполнения технологических операций, чтобы можно было проанализировать количественные изменения продуктов на всех стадиях производственного процесса; частные технологические условия производства данного игристого вина, в которых указывают ассортимент продукции, способ ее производства, состав смесей для шампаннизации и генерации дрожжей (содержание сахара, дрожжевых клеток), сахаристость специальных ликеров и концентрацию клеток в готовой дрожжевой разводке, а также другие технологические параметры. Если производство включает первичное виноделие, то в условиях указывают перечень, процентные соотношения и технологическую характеристику перерабатываемых сортов винограда, а также какие виноматериалы (наименование, кондиции) имеется в виду из них получить; утвержденные производственно-технические нормы винодельческой промышленности; фактические данные по расходу сырья на передовых заводах игристых вин.

По согласованию с преподавателем студент составляет или выбирает процессуальную схему производства игристого вида данного типа, в основу которой кладет один из современных способов, принятых в винодельческой промышленности. Одновременно в соответствии с технологическими требованиями уточняет частные технологические условия производства данного игристого вина выбранным методом. После утверждения преподавателем процессуальной схемы и дополнительных условий студент проводит продуктовый расчет и составляет материальный баланс производства на 1000 бутылок (800,00 л) готового игристого вина.

В зависимости от типа игристого вина, выбранного способа производства и конкретной технологической схемы расчеты продуктов имеют ряд особенностей и выполняются с учетом частных условий.

Основным способом производства Советского шампанского является шампаннизация вина в непрерывном потоке. Сырье для заводов шампанских вин (шампанские виноматериалы), работающих по этому способу, поступает с предприятий первичного виноделия. Поэтому расчеты продуктов производства Советского шампанского и других белых игристых вин, как правило, не включают переработку винограда на виноматериалы.

Пример 51. Для расчетов принята следующая схема и частные технологические условия.

Частные условия

Производство Советского шампанского осуществляют непрерывным способом с составлением бродильной смеси из расчета шампаннизации на брют. Шампаннизацию проводят в условиях сверхвысокой концентрации дрожжей. Розлив шампанского ведут без фильтрации.

Ассортимент отдельных марок шампанского (в процентном соотношении): сухое — 20, полусухое — 50, сладкое — 30.

Содержание сахара в резервуарном ликере 65%, в экспедиционном — 70%. Дрожжевую разводку готовят на резервуарной смеси, сахаристость которой определяют по расчету. Дрожжевая разводка расходуется: на шампанизацию — 4% от количества бродильной смеси; на обескислороживание — 1,5% от количества резервуарной смеси.

Виноматериалы и шампанизированное вино подвергают тепловой обработке в условиях пастеризации, поэтому контрольная выдержка шампанского после розлива сокращена до 10 ч.

Готовая продукция реализуется в основном на месте, поэтому ее упаковка закрытые ящики не производится (не начисляются соответствующие потери). Расчет продуктов проводим на 1000 бутылок, или 800,00 л готового шампанского.

Хранение вина на складе готовой продукции (потери 0,02%) $x=800,00 \times 100/(100-0,02)=800,16$ л; $y=800,16-800,00=0,16$ л.

Упаковка, отделка (потери 0,04%) $x=800,16 \cdot 100/(100-0,04)=800,48$ л; $y=800,48-800,16=0,32$ л.

Контрольная выдержка в течение 10 ч (при совершенствовании производства потери и отходы можно сократить с 0,55 до 0,23%, в том числе потери — 0,15% и отходы — 0,08%) $x=800,48 \cdot 100/(100-0,23)=802,32$ л; $y=802,32-800,48=1,84$ л, в том числе потери $1,84 \cdot 0,15/0,23=1,20$ л, отходы $1,84-1,20=0,64$ л.

Бракераж, мюзлевание, укупорка, розлив (при рационализации производства потери и отходы на этих операциях можно сократить с 3,55 до 2,55%, в том числе потери — 1,55% и отходы — 1,00%) $x=802,32 \cdot 100/(100-2,55)=823,31$ л; $y=823,31-802,32=20,99$ л, в том числе: потери $20,99 \cdot 1,55/2,55=12,76$ л, отходы $20,99-12,76=8,23$ л.

Подача на розлив, выдержка в накопителе, обработка холодом (потери 0,45%) $x=823,31 \cdot 100/(100-0,45)=827,03$ л; $y=827,03-823,31=3,72$ л.

В соответствии с принятой процессуальной схемой на охлаждение поступает смесь шампанизированного вина и экспедиционного ликера.

В соответствии с принятыми частными условиями намечается выпускать Советское шампанское в следующем ассортименте: сухое — 20%, полусухое — 50, сладкое — 30%.

При содержании сахара в экспедиционном ликере 70%, а в шампанизированном вине 0,2% необходимое количество ликера составит для производства шампанского марок:

сухого $(3,0-0,2) \cdot 827,03 \cdot 0,2/(70,0-0,2)=6,64$ л;

полусухого $(5,0-0,2) \cdot 827,03 \cdot 0,5/(70,0-0,2)=28,44$ л;

сладкого $(8,0-0,2) \cdot 827,03 \cdot 0,3/(70,0-0,2)=27,73$ л.

Общий расход ликера $6,64+28,44+27,73=62,81$ л. С учетом потерь (1,00%) при производстве и выдержке $q_b=62,81 \cdot 100/(100-1,00)=63,44$ л; $y=63,44-62,81=0,63$ л.

Расход сахара на приготвление экспедиционного ликера $Q=0,95 \cdot 63,44 \times 70/99,95=42,19$ кг, или $42,19 \cdot 0,623=26,28$ л, где 0,623 — коэффициент пересчета массовых единиц сахарозы в объемные.

Расход коньячного спирта в производстве экспедиционного ликера определяется при условии, что $a_b=10,5\%$ об.; $a_l=10,5\%$ об.; $a_c=62,0\%$ об.; $C=99,95\%$; $C_0=70\%$; $A=63,44 \cdot [1,685 \cdot 99,95(10,5-10,5)+10,5 \cdot 70]/[1,685 \cdot 99,95(62,0-10,5)]=5,38$ л.

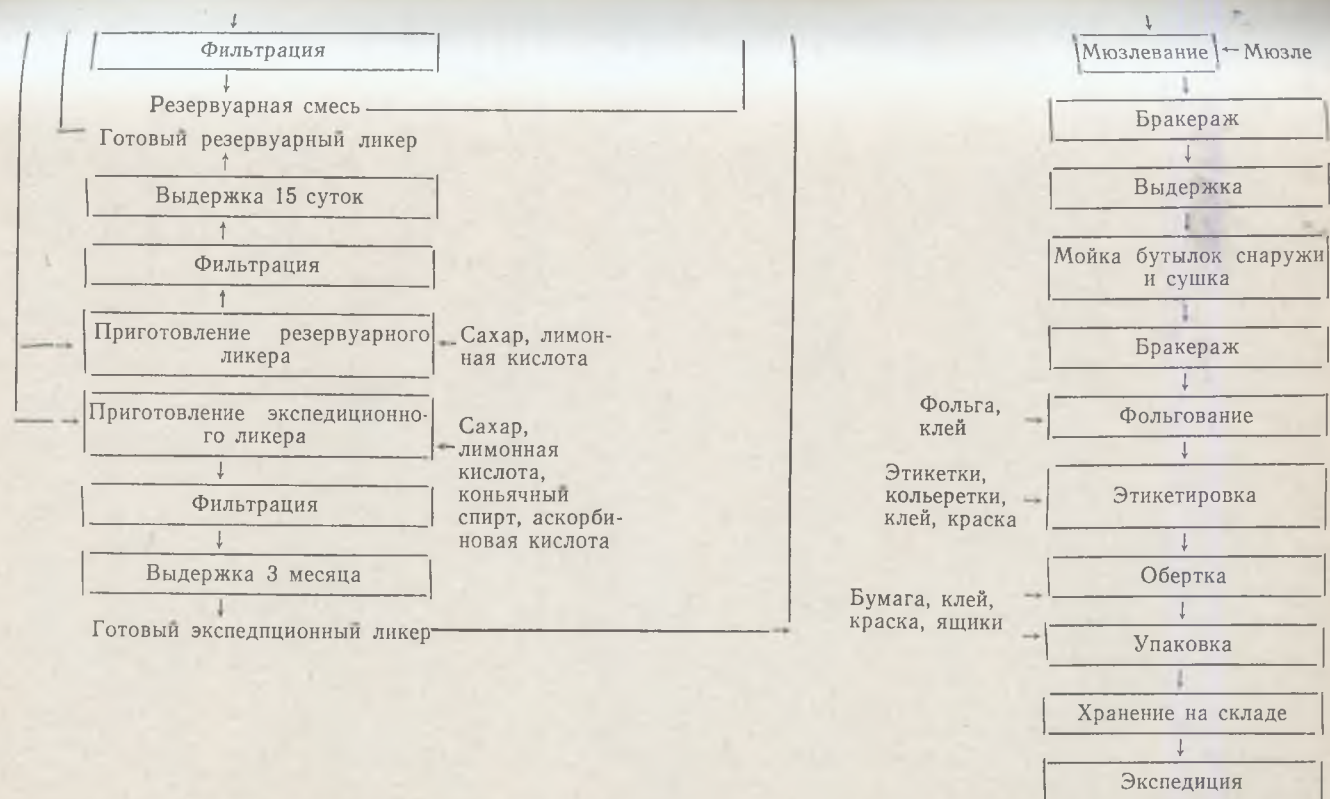
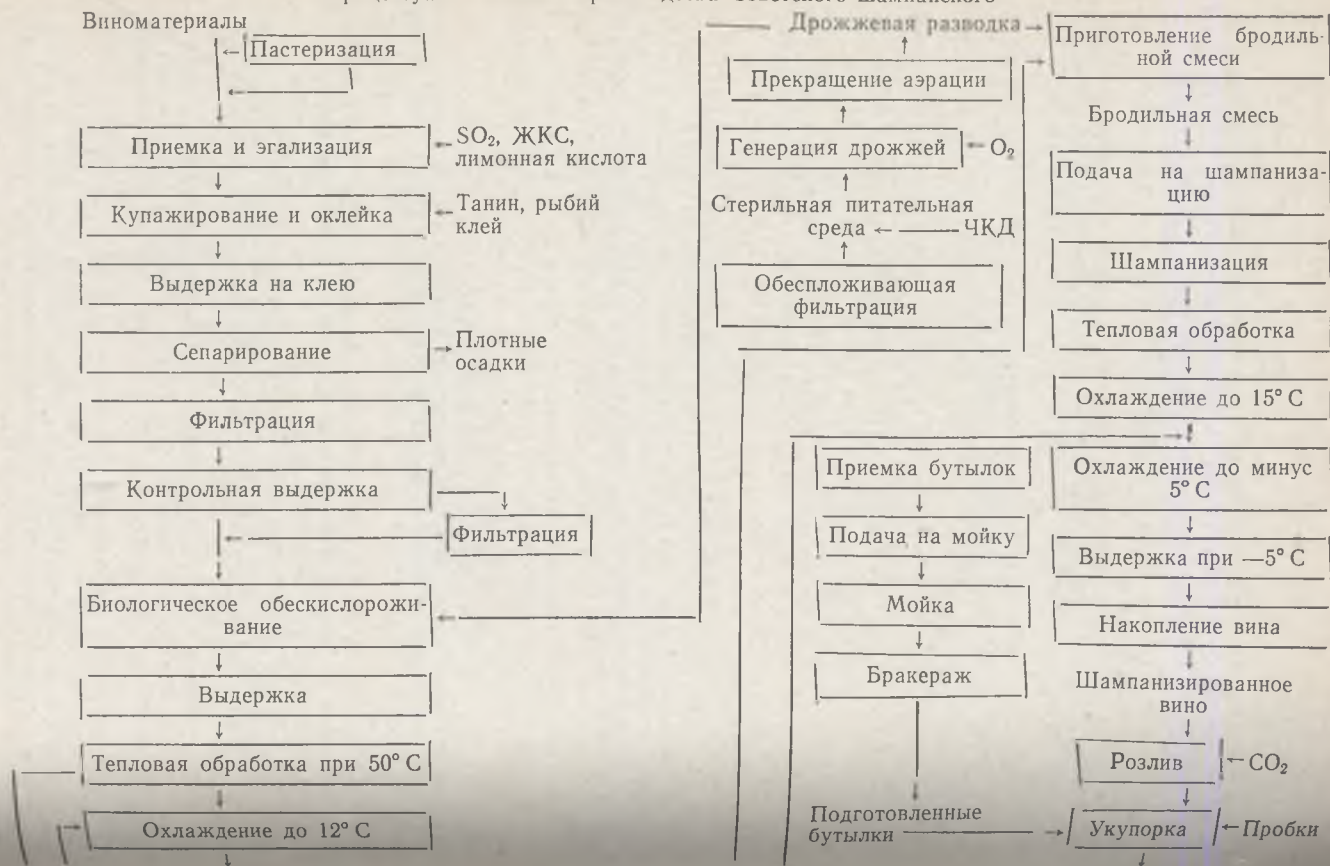
Расход купажа в производстве экспедиционного ликера без учета добавляемой лимонной кислоты определяется по разности объемов экспедиционного ликера и его компонентов (сахар, коньячный спирт): $q_b=63,44-(5,38+26,28)=31,78$ л.

Расход лимонной кислоты определяется при условии, что $K_b=7,5$ г/л, $K_l=8,0$ г/л; $K=0,93(8 \cdot 63,44-7,5 \cdot 31,78)/1000=0,25$ кг, или $0,25 \cdot 0,648=0,16$ л, где 0,648 — коэффициент пересчета массовых единиц лимонной кислоты в объемные.

Расход купажа в производстве экспедиционного ликера с учетом добавляемой лимонной кислоты: $31,78-0,16=31,62$ л.

Обработка теплом шампанизированного вина с последующим доведением до технологической температуры (потери 0,3%) — в соответствии с процес-

Процессуальная схема производства Советского шампанского



суальной схемой, после этих операций расход шампанизированного вина определяется за вычетом из смеси экспедиционного ликера ($827,03 - 62,81 = 764,22$ л) $x = 764,22 \cdot 100 / (100 - 0,3) = 766,52$ л; $y = 766,52 - 764,22 = 2,30$ л.

Данных о потерях при шампанизации в условиях сверхвысокой концентрации дрожжей нет, поэтому величина потерь условно принята как при обычной шампанизации в непрерывном потоке — 0,2%, а $x = 766,52 \cdot 100 / (100 - 0,2) = 768,06$ л; $y = 768,06 - 766,52 = 1,54$ л.

В соответствии с процессуальной схемой на шампанизацию поступают резервуарная смесь и дрожжевая разводка.

Расход дрожжевой разводки:

на шампанизацию — 4% от количества бродильной смеси: $768,06 \cdot 0,04 = 30,72$ л; с учетом потерь (0,4%) при приготовлении и задаче: $q_d' = 30,72 \times 100 / (100 - 0,4) = 30,84$ л; $y = 30,84 - 30,72 = 0,12$ л;

на обескислороживание — для упрощения расчетов принято 1,5% от количества резервуарной смеси на шампанизацию (т. е. от $768,06 - 30,72 = 737,34$ л): $737,34 \cdot 0,015 = 11,06$ л; с учетом потерь (0,4%) при приготовлении и введении: $q_d = 11,06 \cdot 100 / (100 - 0,4) = 11,10$ л; $y = 11,10 - 11,06 = 0,04$ л.

Общая потребность в смеси для дрожжевой разводки составляет $30,84 + 11,10 = 41,94$ л.

Расход резервуарной смеси (после фильтрации) для шампанизации и производства дрожжей: $737,34 + 41,94 = 779,28$ л.

Фильтрация с доведением до технологической температуры (потери 0,14%) $x = 779,28 \cdot 100 / (100 - 0,14) = 780,37$ л; $y = 780,37 - 779,28 = 1,09$ л.

Расход резервуарного ликера:

для шампанизации (количество сахара в смеси определяется при условии, что $a = 2$ г/л, $b = 0,2$ г/л, $\beta_x = 0,87$, $p = 0,5$ МПа, $C = 0,87 \cdot 0,5 \cdot 10 / 0,247 + 2 + 0,2 = 19,81$ г/л) $737,34 \cdot 19,81 / (1000,0 \cdot 0,65) = 22,47$ л;

для приготовления дрожжевой разводки на шампанизацию $30,84 \times 19,81 / (1000,0 \cdot 0,65) = 0,94$ л;

для приготовления дрожжевой разводки на обескислороживание $11,10 \times 19,81 / (1000,0 \cdot 0,65) = 0,34$ л.

Общая потребность в резервуарном ликере составляет $22,47 + 0,94 + 0,34 = 23,75$ л. С учетом потерь при производстве и выдержке 1,1% $q_p = 23,75 \times 100 / (100 - 1,1) = 24,01$ л; $y = 24,01 - 23,75 = 0,26$ л.

Расход сахара на приготовление резервуарного ликера определяется с учетом, что $C_0 = 65\%$, $C = 99,95\%$ $Q = 0,95 \cdot 24,01 \cdot 65 / 99,95 = 14,83$ кг, или $14,83 \cdot 0,623 = 9,24$ л.

Расход купажа в производстве резервуарного ликера без учета добавляемой лимонной кислоты определяется по разности объемов ликера и сахара $q_b' = 24,01 - 9,24 = 14,77$ л.

Расход лимонной кислоты $K = 0,93(8,0 \cdot 24,01 - 7,5 \cdot 14,77) / 1000 = 0,08$ кг, или $0,08 \cdot 0,648 = 0,05$ л.

Расход купажа в производстве резервуарного ликера с учетом добавляемой лимонной кислоты $14,77 - 0,05 = 14,72$ л.

Расход купажа после тепловой обработки в соответствии с процессуальной схемой определяется как разность объемов резервуарной смеси перед фильтрацией и резервуарного ликера, к которой добавляется купаж для приготовления резервуарного и экспедиционного ликеров, $780,37 - 23,75 + (14,72 + 31,62) = 802,96$ л.

Обработка купажа теплом (потери 0,3%) $x = 802,96 \cdot 100 / (100 - 0,3) = 805,34$ л; $y = 805,34 - 802,96 = 2,38$ л.

Выдержка купажа в потоке (потери 0,15%) $x = 805,34 \cdot 100 / (100 - 0,15) = 806,55$ л; $y = 806,55 - 805,34 = 1,21$ л.

Обескислороживание (потери 0,05%) $x = 806,55 \cdot 100 / (100 - 0,05) = 806,95$ л; $y = 806,95 - 806,55 = 0,40$ л.

Расход купажа после фильтрации (в случае необходимости) определяется за вычетом дрожжевой разводки, подаваемой на обескислороживание, $806,95 - 11,06 = 795,89$ л.

Фильтрация (принимая, что фильтрация будет проводиться в 30% случаев, потери 0,14%) $y = 795,89 \cdot 0,3 \cdot 0,0014 = 0,33$ л; $x = 795,89 + 0,33 = 796,22$ л.

Контрольная выдержка и хранение резерва купажа проводятся в металлических резервуарах при температуре ниже 15° С в закрытых наземных помещениях подвального типа. При отсутствии завоза виноматериалов на завод в течение 1 мес и средней продолжительности технологического цикла обработки 0,5 мес запас материалов на хранении должен быть рассчитан максимально на 1,5 мес, а минимально на 0,5 мес. Принимаем среднюю продолжительность хранения для этих условий равной 23 сут; годовые потери 0,4%, потери за 23 сут $0,4 \cdot 23/365 = 0,025\%$. Тогда $x = 796,22 \cdot 100 / (100 - 0,025) = 796,42$ л, $y = 796,42 - 796,22 = 0,20$ л.

Фильтрация (потери 0,14%) $x = 796,42 \cdot 100 / (100 - 0,14) = 797,53$ л; $y = 797,53 - 796,42 = 1,11$ л.

Сепарирование, выдержка на клею (потери не нормированы, приняты как для диатомитовой фильтрации, т. е. равными 0,03%) $x = 797,53 \cdot 100 / (100 - 0,03) = 797,77$ л; $y = 797,77 - 797,53 = 0,24$ л.

Купаж с обработкой оклеивающими веществами (потери 0,08%) $x = 797,77 \times 100 / (100 - 0,08) = 798,41$ л, $y = 798,41 - 797,77 = 0,64$ л.

Пастеризация в случае необходимости (принимаем, что пастеризации подвергаются 10% виноматериалов, потери 0,3%) $y = 798,41 \cdot 0,1 \cdot 0,003 = 0,24$ л; $x = 798,41 + 0,24 = 798,65$ л.

Эгализация с обработкой ЖКС, приемка (потери 0,09%) $x = 798,65 \times 100 / (100 - 0,09) = 799,37$ л, $y = 799,37 - 798,65 = 0,72$ л.

Сводный материальный баланс производства Советского шампанского на 800,00 л (1000 бутылок) готового продукта

Поступление	Единицы измерения		Выход	Единицы измерения		Примечание
	л	кг		л	кг	
Материалы						
сухие виноматериалы	799,37	—	Советское шампан-800 00	—		
сахар	26,28	42,19	ское			
	9,24	14,83				
коньячный спирт	5,38	—	Потери			
лимонная кислота	0,16	0,25	виноматериалов	30,56	—	
	0,05	0,08	дрожжевой разводки	0,16	—	0,12+0,04
			ликеров	0,89	—	0,63+0,26
Отходы						
			при контрольной вы-	0,64	—	
			держке			
			при розливе	8,23	—	
ИТОГО 840,48 —						
ИТОГО 840,48 —						

Отчет

Отчет составляется, как указано в работе № 68.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательные задания. 1 — составление процессуальной схемы производства Советского шампанского или одного из игристых вин другого типа; 2 — выполнение расчета продуктов и составление материального баланса производства по процессуальной схеме.

Задания выполняются по темам курсовых проектов или в увязке с ними.

Дополнительные задания. Выполняют небольшие группы студентов, обмениваясь данными составленных материальных балансов: 1 — сравнение расходования виноматериалов и вспомогательных материалов в производстве Советского шампанского различных марок (по содержанию сахара) и объяснение причин наблюдаемых различий; 2 — сравнение расходования виноматериалов и вспомогательных материалов в производстве Советского шампанского различными способами (или игристого вина другого типа), а также в производстве разных игристых вин одним способом и объяснение причин наблюдаемых различий.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие исходные данные необходимы для расчета продуктов и составления материальных балансов производства игристых вин?
2. Какие исходные данные и условия студент должен согласовать с руководителем перед выполнением расчета продуктов производства игристых вин?
3. Почему в производстве игристых вин разными способами расходуются различные количество основных и вспомогательных материалов?
4. Почему в производстве разных игристых вин одним и тем же способом расходуются различные количество основных и вспомогательных материалов?
5. Как можно рассчитать количество CO_2 и спирта, образующихся в процессе вторичного брожения?

ПРОИЗВОДСТВО КОНЬЯКА

Отличие продуктового расчета производства коньяков определяется тем, что материальный баланс можно составить только в декалитрах безводного спирта, так как в производстве используются материалы различной крепости (виноматериалы, коньячные спирты, коньяки).

В связи с этим, а также в соответствии с нормами технологического проектирования коньячных заводов потери при операциях с разлитым в бутылки коньяком (от отделки до экспедиции) и с виноматериалами (от приемки до подачи на перегонку) исчисляют по соответствующим нормам от реального объема этих материалов, поступающих в операцию, а затем пересчитывают в декалитры безводного спирта. При всех остальных операциях расчет потерь ведут от объема безводного спирта, содержащегося в материале, поступающем в операцию. Для того чтобы данные продуктового расчета можно было использовать при разработке дальнейших разделов проекта, количества материалов, выраженные в декалитрах безводного спирта пересчитывают в реальные объемы по формуле $v = v_{б.с} \cdot 100/a$.

В целях сокращения объема расчетов используют усредненные значения крепости коньяков, спиртов и виноматериалов. С этой же целью можно пренебречь потерями спирта при изготовлении и выдержке спиртованных вод, сахарного сиропа и колера, которые весьма малы по сравнению с потерями при основных производст-

венных операциях. Методика продуктового расчета не исключает возможности проведения в случае необходимости расчета и этих потерь.

РАБОТА № 70. РАСЧЕТ ПРОДУКТОВ И БАЛАНС МАТЕРИАЛОВ ПРОИЗВОДСТВА

Определить потребное количество коньячных виноматериалов средней крепостью 10% об. для производства 1000 дал коньяков при следующем ассортиментном плане:

Наименование марки коньяка	Крепость, % об.	Количество	
		% к плану	дал
О р д и н а р н ы е			
Коньяк три звездочки	40	80	800
Коньяк четыре звездочки	41	5	50
Коньяк пять звездочек	42	5	50
Итого ординарных	—	90	900
М а р о ч н ы е			
КВ	42	4	40
КВВК	43	3	30
КС	45	3	30
Итого марочных	—	10	100

Средняя крепость коньяка, используемая при расчетах, $a_{ср} = (40 \cdot 800 + 41 \cdot 50 + 42 \cdot 50 + 42 \cdot 40 + 43 \cdot 30 + 45 \cdot 30) / 1000 = 40,47\%$ об.

Хранение коньяка на складе готовой продукции до отгрузки потребителю запланированного объема коньяка. При норме потерь $n = 0,02\%$ в склад готовой продукции поступает коньяка $v = 1000,00 \cdot 100 / (100 - 0,02) = 1000,2$ дал.

Потери при хранении составляют $N = 1000,20 - 1000,00 = 0,2$ дал, или $N_{б.с} = 0,2 \cdot 40,47 / 100 = 0,08$ дал. б. с.

Укладка бутылок с коньяком в ящики. При норме потерь $n = 0,07\%$ в операцию поступает $v = 1000,20 \cdot 100 / (100 - 0,07) = 1000,90$ дал. Потери при укладке составляют $N = 1000,90 - 1000,20 = 0,70$ дал, или $N_6 = 0,70 \cdot 40,47 / 100 = 0,28$ дал. б. с.

Отделка. При норме потерь $n = 0,07\%$ в операцию поступает $v = 1000,90 \cdot 100 / (100 - 0,07) = 1001,60$ дал. Потери при отделке составляют $N = 1001,60 - 1000,90 = 0,70$ дал, или $N_6 = 0,28$ дал б. с.

Розлив коньяка (с контрольной фильтрацией и укупоркой). Норма потерь при розливе $n = 0,45\%$ от безводного спирта, содержащегося в коньяке; $v_6 = 1001,60 \cdot 40,47 / 100 = 405,34$ дал б. с. Количество коньяка (в дал. б. с.), поступившего на розлив, $v_6 = 405,34 \cdot 100 / (100 - 0,45) = 407,17$ дал б. с., или $v = 407,17 \cdot 100 / 40,47 = 1006,10$ дал. Потери при розливе составляют $N_6 = 407,17 - 405,34 = 1,83$ дал б. с.

Подача коньяка на розлив ($n = 0,16\%$): $v_6 = 407,17 \cdot 100 / (100 - 0,16) = 407,82$ дал. б. с., или $v = 1007,70$ дал, $N_6 = 407,82 - 407,17 = 0,65$ дал. б. с.

Отдых коньяка. Ординарные коньяки выдерживают в цистернах 3 мес, коньяк КВ — в бутах 6 мес, коньяк КВВК и КС — в бутах 12 мес. При годовых нормах потерь в цистернах $n = 0,5\%$ и в бутах $2,15\%$ средняя норма потерь за время отдыха составит $n_{ср} = 0,5 \cdot 3 \cdot 0,9 / 12 + 2,15 \cdot 6 \cdot 0,04 / 12 + 2,15 \cdot 0,06 = 0,28\%$. Тогда $v_6 = 407,82 \cdot 100 / (100 - 0,28) = 408,96$ дал б. с., $v = 1010,52$ дал, $N_6 = 408,96 - 407,82 = 1,14$ дал. б. с.

Обработка коньяков холодом с фильтрацией: $n=0,3+0,9+0,16=1,36\%$.
 $v_6=408,96 \cdot 100/(100-1,36)=414,60$ дал б. с., $v=1024,46$ дал, $N_6=414,60-408,96=$
 $=5,64$ дал б. с.

Купаж коньяка. Потери при купаже $n=0,16+0,07=0,23\%$. Тогда $v_6=$
 $=414,60 \cdot 100/(100-0,23)=415,55$ дал б. с., $v=1026,80$ дал, $N_6=415,55-414,60=$
 $=0,95$ дал б. с.

Расчет потребного количества сахарного сиропа v_6 сахаристостью $C_2=60\%$ для повышения содержания сахара в коньяке до $C=1,5\%$ при условии, что в купаж также вводят колер в количестве $v_1=3$ дал при сахаристости 30% .
 $v_6=(1026,80 \cdot 1,5-3 \cdot 30)/60=24,17$ дал.

Расчет потребного количества коньячного спирта крепостью $a_{ср}=64\%$ об (без учета контракции): $v_4=\{40,47 \cdot 1026,80-24 \cdot [1026,80-(24,17+3)]\}/(64-24)=$
 $=439,08$ дал б. с.

Расчет потребного количества спиртованных вод v_2 крепостью $a_2=24\%$ об:
 $v_2=1026,80-(439,08+24,17+3)=560,55$ дал.

Расчет контракции. В 100 дал водно-спиртовых смесей соответствующей крепости содержится воды (в дал): при крепости $40,47\%$ об. — 62,87, при крепости $64,0\%$ об. — 39,55, при крепости 24% об. — 78,12.

Суммарный объем воды и сахара, вносимый в купаж с материалами, составит $v_3=(439,08 \cdot 39,55+560,55 \cdot 78,12)/100+24,17+3=638,72$ дал.

Объем воды и сахара, который должен содержаться в коньяке, $1026,8 \times 62,87/100=645,55$ дал.

Следовательно, для компенсации сжатия объема в купаж нужно добавить воды в количестве $v_{ар}=645,55-638,72=6,82$ дал.

Проверка расчета купажа: $a=(439,08 \cdot 64+560,55 \cdot 24)/1026,80=40,47\%$ об;
 $C=(24,17 \cdot 60+3 \cdot 30)/1026,80=1,5\%$.

Расчет потребного количества выдержанного коньячного спирта для купажа отдельных марок коньяка

Для коньяка три звездочки: $v_6=1026,8 \cdot 40/(100 \cdot 100)=328,57$ дал б. с.;
 $v_{к.с}=328,57/0,64=513,39$ дал.

Для коньяка четыре звездочки: $v_6=1026,8 \cdot 5 \cdot 41/(100 \cdot 100)=21,06$ дал б. с.;
 $v_{к.с}=21,06 : 0,64=32,90$ дал.

Для коньяка пять звездочек: $v_6=1026,8 \cdot 5 \cdot 42/(100 \cdot 100)=21,56$ дал б. с.;
 $v_{к.с}=21,56/0,64=33,69$ дал.

Для коньяка КВ: $v_6=1026,8 \cdot 4 \cdot 42/(100 \cdot 100)=17,26$ дал б. с.; $v_{к.с}=$
 $=17,26/0,64=26,97$ дал.

Для коньяка КВВК: $v_6=1026,8 \cdot 3 \cdot 43/(100 \cdot 100)=13,24$ дал б. с.; $v_{к.с}=$
 $=13,24 : 0,64=20,69$ дал.

Для коньяка КС: $v_6=1026,8 \cdot 3 \cdot 45/(100 \cdot 100)=13,86$ дал б. с., $v_{к.с}=$
 $=13,86/0,64=21,65$ дал.

Выдержка спиртов в цистернах для коньяка три звездочки

Нормы потерь при выдержке в цистернах в течение первых двух лет составляют $0,6\%$ в год, а на третий год снижаются на 5% и составляют $0,57\%$. Норма потерь на впитывание клепкой в данном примере принята $0,4\%$, т. е. для повторного залива. При дозировании кислорода потери составляют $0,1\%$.

Третий год выдержки: $v_6=328,57 \cdot 100/(100-0,57)=330,45$ дал б. с.;
 $v_{к.с}=330,45 : 0,64=516,33$ дал; $N_6=330,45-328,57=1,68$ дал б. с.

Дозирование кислорода: $v_6=330,45 \cdot 10/(100-0,1)=330,78$ дал б. с.; $v_{к.с}=$
 $=516,84$ дал; $N_6=330,78-330,45=0,33$ дал б. с.

Второй год выдержки: $v_6=330,78 \cdot 100/(100-0,6)=332,77$ дал б. с.;
 $v_{к.с}=519,95$ дал; $N_6=332,77-330,78=1,99$ дал б. с.

Дозирование кислорода: $v_6=332,77 \cdot 100/(100-0,1)=333,10$ дал б. с.; $v_{к.с}=$
 $=520,46$ дал; $N_6=333,10-332,77=0,33$ дал б. с.

Первый год выдержки: $v_6=333,10 \cdot 100/(100-0,6)=335,11$ дал б. с.;
 $v_{к.с}=523,61$ дал; $N_6=335,11-333,10=2,01$ дал б. с.

Двукратная дозировка кислорода: $v_6=335,11 \cdot 100/(100-0,2)=335,78$ дал б. с.;
 $v_{к.с}=524,65$ дал; $N_6=335,78-335,11=0,67$ дал б. с.

Залив в цистерны с клепкой: $v_6 = 335,78 \cdot 100 / (100 - 0,4) = 337,13$ дал б. с.;
 $v_{к.с} = 526,76$ дал; $N = 337,13 - 335,78 = 1,35$ дал б. с.
 Эгализация спиртов ($n = 0,39$): $v_6 = 337,13 \cdot 100 / (100 - 0,39) = 338,45$ дал б. с.;
 $v_{к.с} = 528,92$ дал; $N_6 = 338,45 - 337,13 = 1,32$ дал б. с.
 Суммарные потери $N = 338,45 - 328,57 = 9,88$ дал б. с.

Выдержка спиртов в бочках для коньяка четыре звездочки

Норма потерь для первых двух лет составляет 3,8% в год, для третьего года 3,72% (на 5% ниже) и для четвертого — 3,42% (на 10% ниже нормы первых двух лет). Потери спирта при заливе в бочки исчислены в данном примере по норме для бочек, бывших под спиртом, — 0,5%.

Четвертый год выдержки: $v_6 = 21,06 \cdot 100 / (100 - 3,42) = 21,80$ дал б. с.; $v_{к.с} = 21,8 \cdot 0,64 = 34,06$ дал; $N_6 = 21,80 - 21,06 = 0,74$ дал б. с.

Третий год выдержки: $v_6 = 21,80 \cdot 100 / (100 - 3,72) = 22,64$ дал б. с.; $v_{к.с} = 35,37$ дал; $N_6 = 22,64 - 21,80 = 0,84$ дал б. с.

Второй год выдержки: $v_6 = 22,64 \cdot 100 / (100 - 3,8) = 23,53$ дал б. с.; $v_{к.с} = 36,76$ дал; $N_6 = 23,53 - 22,64 = 0,89$ дал б. с.

Первый год выдержки: $v_6 = 23,53 \cdot 100 / (100 - 3,8) = 24,46$ дал б. с.; $v_{к.с} = 38,22$ дал; $N_6 = 24,46 - 23,53 = 0,93$ дал б. с.

Залив в бочки: $v_6 = 24,46 \cdot 100 / (100 - 0,5) = 24,58$ дал б. с.; $v_{к.с} = 38,40$ дал; $N_6 = 24,58 - 24,46 = 0,12$ дал б. с.

Эгализация спиртов: $v_6 = 24,58 \cdot 100 / (100 - 0,39) = 24,76$ дал б. с.; $v_{к.с} = 38,55$ дал; $N_6 = 24,76 - 24,58 = 0,18$ дал б. с.

Суммарные потери $N = 24,76 - 21,06 = 3,70$ дал б. с.

Выдержка спиртов в бочках для коньяка пять звездочек

Нормы потерь и порядок расчетов те же, что и в предыдущем случае. Поэтому здесь и при расчетах спиртов для марочных коньяков для сокращения объема текста приводим результаты, опуская изложение арифметических действий. С этой же целью потери рассчитываем не по этапам, а за весь срок выдержки.

Пятый год выдержки: $v_6 = 22,32$ дал б. с.; $v_{к.с} = 32,87$ дал.

Четвертый год выдержки: $v_6 = 23,11$ дал б. с.; $v_{к.с} = 36,11$ дал.

Третий год выдержки: $v_6 = 24,00$ дал б. с.; $v_{к.с} = 37,50$ дал.

Второй год выдержки: $v_6 = 20,76$ дал б. с.; $v_{к.с} = 32,43$ дал.

Первый год выдержки: $v_6 = 25,93$ дал б. с.; $v_{к.с} = 40,48$ дал.

Залив в бочки: $v_6 = 26,06$ дал б. с.; $v_{к.с} = 40,72$ дал.

Эгализация: $v_6 = 26,16$ дал б. с.; $v_{к.с} = 40,87$ дал.

Суммарные потери $N = 26,16 - 21,56 = 4,60$ дал б. с.

Выдержка спиртов для коньяка КВ

Шестой год выдержки: $v_6 = 17,87$ дал б. с.; $v_{к.с} = 27,92$ дал.

Пятый год выдержки: $v_6 = 18,50$ дал б. с.; $v_{к.с} = 28,91$ дал.

Четвертый год выдержки: $v_6 = 19,15$ дал б. с.; $v_{к.с} = 29,93$ дал.

Эгализация: $v_6 = 19,23$ дал б. с.; $v_{к.с} = 30,05$ дал.

Третий год выдержки: $v_6 = 19,97$ дал б. с.; $v_{к.с} = 31,21$ дал.

Второй год выдержки: $v_6 = 20,76$ дал б. с.; $v_{к.с} = 32,43$ дал.

Первый год выдержки: $v_6 = 21,58$ дал б. с.; $v_{к.с} = 33,72$ дал.

Залив в бочки: $v_6 = 21,69$ дал б. с.; $v_{к.с} = 33,89$ дал.

Эгализация: $v_6 = 21,77$ дал б. с.; $v_{к.с} = 34,02$ дал.

Суммарные потери $N = 21,77 - 17,26 = 4,51$ дал б. с.

Выдержка спиртов для коньяка КВВК

Восьмой год: $v_6 = 13,71$ дал б. с.; $v_{к.с} = 21,42$ дал.

Седьмой год: $v_6 = 14,19$ дал б. с.; $v_{к.с} = 22,18$ дал.

Шестой год: $v_6 = 14,69$ дал б. с.; $v_{к.с} = 22,95$ дал.

Пятый год: $v_6=15,21$ дал б. с.; $v_{к.с}=23,76$ дал.
 Эгализация: $v_6=15,27$ дал б. с.; $v_{к.с}=23,86$ дал.
 Четвертый год: $v_6=15,81$ дал б. с.; $v_{к.с}=24,70$ дал.
 Третий год: $v_6=16,42$ дал б. с.; $v_{к.с}=25,65$ дал.
 Второй год: $v_6=17,07$ дал б. с.; $v_{к.с}=26,67$ дал.
 Первый год: $v_6=17,74$ дал б. с.; $v_{к.с}=27,72$ дал.
 Залив в бочки: $v_6=17,83$ дал б. с.; $v_{к.с}=27,85$ дал.
 Эгализация: $v_6=17,84$ дал б. с.; $v_{к.с}=27,96$ дал.
 Суммарные потери $N=17,84-13,24=4,60$ дал б. с.

Выдержка спиртов для коньяка КС

Десятый год: $v_6=14,35$ дал б. с.; $v_{к.с}=22,42$ дал.
 Девятый год: $v_6=14,85$ дал б. с.; $v_{к.с}=23,21$ дал.
 Восьмой год: $v_6=15,37$ дал б. с.; $v_{к.с}=24,02$ дал.
 Седьмой год: $v_6=15,91$ дал б. с.; $v_{к.с}=24,86$ дал.
 Шестой год: $v_6=16,47$ дал б. с.; $v_{к.с}=25,74$ дал.
 Пятый год: $v_6=17,05$ дал б. с.; $v_{к.с}=26,64$ дал.
 Эгализация: $v_6=17,12$ дал б. с.; $v_{к.с}=26,75$ дал.
 Четвертый год: $v_6=17,72$ дал б. с.; $v_{к.с}=27,68$ дал.
 Третий год: $v_6=18,40$ дал б. с.; $v_{к.с}=28,75$ дал.
 Второй год: $v_6=19,12$ дал б. с.; $v_{к.с}=29,88$ дал.
 Первый год: $v_6=19,87$ дал б. с.; $v_{к.с}=31,05$ дал.
 Залив в бочки: $v_6=19,97$ дал б. с.; $v_{к.с}=31,20$ дал.
 Эгализация: $v_6=20,05$ дал б. с.; $v_{к.с}=31,32$ дал.
 Суммарные потери $N=20,05-13,86=6,19$ дал б. с.

Количество свежеперегнанного спирта для приготовления всех марок коньяков (в дал б. с.) $v_{б.с.}=338,45+24,78+26,16+21,77+17,89+20,05=449,08$, или (в дал коньячного спирта) $v_{к.с}=528,82+38,55+40,87+34,02+27,96+31,32=701,54$.

Коньячные виноматериалы для обычных коньяков в данном примере получают на аппаратах КУ-500 и для марочных — на аппаратах УПКС (шарантских).

Объем виноматериалов, потребный для выработки необходимого количества коньячных спиртов, определяем по формуле

$$v_{вм} = C_{к.с} v_{к.с} / (C_{вм} \cdot B_{ср}),$$

где $v_{вм}$ и $v_{к.с}$ — объемы виноматериала и коньячного спирта, дал;

$C_{вм}$ и $C_{к.с}$ — крепость виноматериала и коньячного спирта, % об.;

$B_{ср}$ — средний выход коньячного спирта, зависящий от марки перегонного аппарата, % от безводного спирта в виноматериале.

По производственным данным выход коньячного спирта на аппаратах УПКС составляет 92%, на аппаратах КУ-500 — 94%, $B_{ср} = [(528,82+38,55+40,87)94 + (34,02+27,96+31,32)92]/701,54=93,73\%$.

Количество виноматериалов крепостью 10% об., необходимое для получения потребного количества коньячного спирта средней крепости 64% об., $v_{вм}=64 \times 701,54 \cdot 100/(10 \cdot 93,73)=4790,20$ дал.

Потери безводного спирта при перегонке $N_{б.с.}=479,02-449,08=29,93$ дал б. с.

Подача виноматериала на перегонку ($n=0,08\%$ от объема виноматериала): $N_{вм}=4790,20 \cdot 100/(100-0,08)=4794,03$ дал; $N_{б.с.}=479,40-479,02=0,38$ дал б. с.

Эгализация виноматериалов ($n=0,22\%$): $v_{вм}=4794,03 \cdot 100/(100-0,22)=4804,60$ дал; $N_{б.с.}=480,46-479,40=1,06$ дал б. с.

Хранение виноматериалов в железобетонных резервуарах в надземном винохранилище при температуре до 20° С в течение 2 мес ($n=1\%$): $n=1 \cdot 2/12=0,17\%$; $v_{вм}=4804,60 \cdot 100/(100-0,17)=4812,78$ дал; $N_{б.с.}=481,28-480,46=0,82$ дал б. с.

Приемка виноматериалов при условии доставки их в железнодорожных и автомобильных цистернах ($n=0,09\%$): $v_{вм}=4812,78 \cdot 100/(100-0,09)=4817,11$ дал; $N_{б.с.}=481,71-481,28=0,43$ дал б. с.

Сводный материальный баланс

Поступление	Единицы измерения	Выход	Единицы измерения
	дал б. с.		дал б. с.
С ы р ь е			
коньячный винома- териал	481,71	Коньяк всех марок	404,7
		Потери коньяка	
		при хранении на складе готовой	0,08
		продукции	
		при укладке в ящики	0,28
		при отделке бутылок	0,28
		при розливе	1,83
		при подаче на розлив	0,65
		при отдыхе	1,14
		при обработке холодом	5,64
		при купаже	0,95
		Потери при выдержке	
		коньячных спиртов	
		три звездочки	9,68
		четыре звездочки	3,70
		пять звездочек	4,48
		КВ	4,51
		КВВК	4,60
		КС	6,19
		Потери виноматериала	
		при перегонке	29,93
		при подаче на перегонку	0,38
		при эгализации	1,06
		при хранении	0,86
		при приемке	0,43
ИТОГО	481,71	ИТОГО	481,71

Отчет

Отчет составляется, как указано в работе № 68.

Задания для самостоятельной проработки

Обязательное задание. Студент по заданию преподавателя выполняет расчет продуктов производства ординарных или марочных коньяков по составленной им процессуальной схеме с использованием утвержденных норм выходов, потерь и отходов.

Дополнительное задание. Студент выполняет расчеты продуктов по двум конкурирующим процессуальным схемам и выявляет преимущества одной из схем по количественным показателям (выход основного продукта, отходов, величина потерь и др.).

1. Какие исходные данные нужны для выполнения расчета продуктов производства коньяка?
2. На основании каких данных выбирают нормы потерь и выходов для выполнения расчета продуктов производства коньяка?
3. Как влияет на величину потерь применение различных типов оборудования для перегонки и выдержки коньячных спиртов?
4. Как рассчитать потребное количество сахара, вносимого в купаж коньяка?

Глава VII. РАСЧЕТЫ КОЛИЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ВИНОДЕЛЬЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Расчет технологического оборудования проводят, используя данные расчета продуктов и составленных материальных балансов производства. Расчет оборудования состоит в определении количества технологических емкостей, аппаратов, машин и вспомогательных устройств, необходимых для обеспечения выполнения производственной программы отдельного цеха или винзавода в целом.

Чтобы провести количественный расчет технологического оборудования, необходимо знать объемы и массы полупродуктов и материалов, поступающих в каждую технологическую операцию. Зная количество материала, которое должно быть переработано в процессе выполнения данной технологической операции, выбирают для этой операции соответствующее оборудование и рассчитывают его количество.

При выборе конкретных образцов технологических емкостей, аппаратов или машин, а также вспомогательных устройств руководствуются следующими общими требованиями:

выбирают технически совершенное оборудование, в наиболее полной мере удовлетворяющее технологическим требованиям;

при выборе конкурирующих образцов предпочтение отдают типовому оборудованию;

выбирают оборудование, которое по своему рабочему объему или по производительности наиболее близко соответствует фактической производительности данного процесса;

как правило, предпочитают отечественное оборудование, а при необходимости выбора импортного оборудования дают соответствующее обоснование.

Для выбора технологического оборудования пользуются специальными справочниками, в которых приводится техническая характеристика отдельных емкостей, аппаратов, машин и вспомогательных устройств, применяемых в винодельческой промышленности. Такими справочниками являются: каталоги и проспекты машиностроительных заводов, справочная, техническая и учебная литература, издания ВДНХ и ЦНИИТЭИпищепрома, альбомы технологического оборудования, составленные проектными организациями или кафедрами вуза, и др.

Расчет технологического оборудования можно проводить путем последовательных логических рассуждений и вычислений или с помощью специальных формул. В расчетах некоторых технологических емкостей, а также аппаратов и машин, режим работы которых связан со специальными технологическими требованиями, учитывают дополнительные условия, указанные ниже в конкретных примерах.

При расчете технологического оборудования предприятий винодельческой промышленности могут применяться различные методы, которые приведены ниже для следующих основных случаев определения потребного количества аппаратов и машин: периодического действия, непрерывного действия, работающих в специальных технологических условиях, технологических емкостей для приемы, хранения, обработки и выдержки вина.

ОБОРУДОВАНИЕ, РАБОТАЮЩЕЕ В ОБЩЕМ РЕЖИМЕ

РАБОТА № 71. РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Для определения количества или рабочего объема машин и аппаратов периодического действия необходимо знать объем или массу сырья и полупродуктов, подлежащих переработке в течение суток, а также режим работы аппарата в часах или минутах. Зная эти величины, расчет в общих случаях проводят по следующей формуле:

$$x = \alpha Q / (g \varphi N), \quad (35)$$

где x — потребное количество аппаратов или машин; α — коэффициент неравномерности поступления сырья на переработку; Q — количество сырья или полупродукта, перерабатываемого в сутки; g — рабочий (полезный) объем или пропускная способность одного аппарата за время его полного оборота; φ — коэффициент (степень) заполнения аппарата (величину φ принимают по практическим данным в зависимости от характера процесса и типа аппарата — см. Приложение 15); N — число полных оборотов аппарата за сутки.

Под оборотом аппарата понимают время, затрачиваемое на выполнение полного производственного цикла, считая от момента загрузки аппарата и кончая подготовкой его к новой загрузке:

$$N = tn/z,$$

где n — число рабочих смен в сутки; t — продолжительность смены (рабочего дня); z — продолжительность полного оборота (рабочего цикла) аппарата, ч.

Подставив в формулу (35) величины φ и N , получим

$$x = \alpha Qz / (\varphi v tn), \quad (36)$$

где v — полный (геометрический) объем аппарата, $v = g/\varphi$.

Пример 51. Требуется определить количество прессов периодического действия для прессования стекшей мезги, получаемой при переработке 300 т винограда в сутки. Выход стекшей мезги из 1 т винограда — 455 кг (по данным материального баланса), рабочий объем пресса 4 м³, продолжительность полного оборота (рабочего цикла) пресса — 2,5 ч, число смен — 2, продолжительность смены — 8 ч.

Для решения этого примера воспользуемся формулой (36).

Согласно условию в сутки на переработку поступит следующее количество мезги: $300 \cdot 455 = 136\,500$ кг.

Поскольку задана суточная производительность, коэффициент неравномерности поступления винограда в течение рабочего дня не учитываем.

Принимая абсолютную плотность мезги равной 1100 кг/м³, получим ее объем $136\,500 : 1100 = 124,1$ м³.

Произведя подстановку заданных и найденных величин в формулу (36) и проведя вычисления, получим: $x = 124,1 \cdot 2,5 / (4 \cdot 8 \cdot 2) = 4,8 \approx 5$ прессов.

Пример 52. Требуется рассчитать количество резервуаров для отстаивания сусла, полученного при переработке 400 т винограда в сутки. Общий выход сусла из 1 т винограда 74 дал. Вместимость одного отстойного резервуара 2000 дал. Коэффициент заполнения отстойников $\varphi = 1$ (см. Приложение 15). Продолжительность рабочего цикла (полного оборота) отстойного резервуара 24 ч (см. Приложение 13). Поскольку неравномерность поступления винограда в течение рабочего дня не влияет на количество сусла, получаемого за сутки, коэффициент неравномерности $\alpha = 1$.

По режиму своей работы отстойные резервуары относятся к оборудованию периодического действия, поэтому их количество вычисляем по формуле (36).

На отстаивание в сутки поступает $74 \cdot 400 = 29\,600$ дал сусла.

Подставив исходные данные в расчетную формулу и произведя вычисления, получим $x = 29\,600 \cdot 24 / (1 \cdot 2000 \cdot 8 \cdot 3) = 14,8 \approx 15$ отстойных резервуаров.

РАБОТА № 72. РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Для определения количества аппаратов и машин непрерывного действия необходимо знать объем или массу сырья и полупродуктов, перерабатываемых за сутки или в час, а также производительность аппарата или машины, которая дается обычно в т/ч или дал/ч.

Количество оборудования непрерывного действия вычисляю по формуле

$$x = \alpha Q / (W \tau \gamma), \quad (37)$$

где x — потребное количество аппаратов или машин; α — коэффициент неравномерности поступления сырья на переработку в течение рабочего дня, учитываемый только при расчете оборудования, непосредственно перерабатывающего виноград или плодово-ягодное сырье; Q — количество сырья или полупродукта, перерабатываемое в сутки, т; W — производительность аппарата или машины (в т/ч или дал/ч), устанавливаемая по данным ее технической характеристики, которые приводятся в техническом паспорте или специальных справочниках; τ — продолжительность работы машины в сутки, ч; γ — коэффициент использования оборудования, принимаемый по фактическому значению, достигнутому предприятиями, но не менее $0,7$.

Пример 53. Требуется рассчитать количество дробилок-гребнеотделителей ЦДГ-30 для переработки 1500 т винограда в сутки. Коэффициент неравномерности поступления винограда $\alpha = 1,4$ (см. Приложение 15).

Дробилка-гребнеотделитель ЦДГ-30 относится к оборудованию непрерывного действия, поэтому расчет проводим по формуле (37): $x = 1,4 \cdot 1500 / (30 \cdot 10) = 7$ дробилок ЦДГ-30.

Пример 54. Требуется рассчитать количество шнековых прессов для прессования стекшей мезги при переработке $40\,000$ т винограда за сезон. Производительность одного пресса при прессовании стекшей мезги 12 т/ч. Продолжительность работы $\tau = 10$ ч. Выход стекшей мезги из 1 т винограда по данным продуктового расчета составляет 430 кг. Коэффициент неравномерности поступления винограда на переработку $\alpha = 1,4$.

При продолжительности сезона переработки винограда 20 сут в сутки на переработку будет поступать $40\,000 : 20 = 2000$ т винограда.

Количество мезги на прессование составит $2000 \cdot 0,430 = 860$ т в сутки. Шнековые прессы относятся к оборудованию непрерывного действия, поэтому расчет их количества проводим по формуле (37): $x = 1,4 \cdot 860 / (12 \cdot 10) = 10$ прессов.

Пример 55. Требуется определить количество поточных линий ВПЛ-30 для переработки 500 т винограда в сутки. Расчет проводим по формуле (37) для оборудования непрерывного действия. Принимая 10-часовую работу линии ВПЛ-30 и коэффициент неравномерности поступления винограда $\alpha = 1,4$, получим: $x = 1,4 \cdot 500 / (30 \cdot 10) = 2,3 \approx 3$ поточные линии.

Пример 56. Требуется рассчитать количество бродильных аппаратов непрерывного действия для сбраживания сусла, получаемого при переработке 300 т винограда в сутки. Общий выход сусла из 1 т винограда 75 дал. Коэффициент использования бродильных емкостей 0,87.

Если известна часовая или суточная производительность бродильного аппарата непрерывного действия, то расчет их количества проводят по формуле (37). Примем производительность бродильного аппарата 67,9 дал/ч, тогда $x = 300 \times 75 / (0,87 \cdot 67,9 \cdot 24) = 16$ бродильных аппаратов.

В тех случаях, когда производительность бродильного аппарата не дана, а известен рабочий объем отдельных резервуаров или всего аппарата, расчет можно провести по формуле $x = Q \tau_{бр} / (\gamma_{бр} v)$, где Q — количество сусла, поступающего на брожение за 1 сут, дал; $\tau_{бр}$ — общая продолжительность брожения в аппарате непрерывного действия данного типа, сут; $\gamma_{бр}$ — коэффициент использования бродильных резервуаров аппарата; v — общий объем бродильного аппарата, дал. Если примем общий объем бродильного аппарата $v = 26\,090$ дал и продолжительность брожения $\tau_{бр} = 16$ сут, то потребуются $x = 300 \cdot 75 \cdot 16 / (0,87 \times 26\,090) = 16$ бродильных аппаратов.

ОБОРУДОВАНИЕ, РАБОТАЮЩЕЕ В СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ

К такому оборудованию относятся аппараты, машины или емкости, работа которых связана с дополнительными требованиями, накладывающими ограничения на производительность, продолжительность рабочих циклов или технологические режимы. Для определения потребного количества такого оборудования в каждом отдельном случае используют специальные методы, учитывающие соответствующие дополнительные требования.

РАБОТА № 73. РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ, СВЯЗАННОГО С УСЛОВИЯМИ ПРИЕМКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ВИНОГРАДА

Пример 57. Требуется рассчитать количество автовесов для взвешивания винограда, поступающего на переработку. Производительность цеха переработки 20 000 т винограда за сезон.

При средней продолжительности сезона виноделия, равной 20 сут, за одни сутки поступит на переработку $20\,000 : 20 = 1000$ т винограда.

Прием винограда на винзавод рассчитывают на 10 ч в соответствии с продолжительностью светлого периода суток. Следовательно, за 1 ч на переработку поступает $1000 : 10 = 100$ т винограда.

При доставке винограда в специальных контейнерах коэффициент использования грузоподъемности автотранспорта равен 0,75 (см. Приложение 10). Поэтому при общей грузоподъемности автотранспорта 5 т грузоподъемность по винограду составит $0,75 \cdot 5 = 3,75$ т. Неравномерность поступления винограда в течение рабочего дня учитывают поправочным коэффициентом, равным 1,5 (см. Приложение 15). Следовательно, за 1 ч будет поступать $1,4 \cdot 100 : 3,75 = 37,3 \approx 38$ автомашин.

Простой автомашины при взвешивании винограда на автовесах 2 мин (см. Приложение 11). Следовательно, на автовесах за 1 ч можно сделать $60 : 2 = 30$ взвешиваний.

Всего потребуется $38 : 30 = 1,27 \approx 2$ автовесов.

Пример 58. Требуется определить рабочий объем и количество сборников сусла на марочные виноматериалы при переработке 500 т винограда в сутки.

Расчет сборников сусла проводят с учетом следующих требований:

для каждой фракции сусла, отбираемой отдельно, необходимо иметь специальные сборники;

суслосборники должны одновременно вмещать не менее получасового запаса сусла по производительности цеха переработки винограда.

При 10-часовой работе в сутки в течение 0,5 ч с учетом коэффициента неравномерности поступления винограда $\phi = 1,4$ на переработку будет поступать $1,4 \cdot 500 / (10 \cdot 2) = 35$ т винограда.

Предположим, что для получения марочных материалов согласно проведенному расчету продуктов из 1 т винограда используют 52,8 дал сусла (в каждом случае эту величину принимают на основании данных соответствующего материального баланса). Следовательно, единовременный получасовой запас сусла на марочные виноматериалы составит $35 \cdot 52,8 = 1848$ дал.

Количество суслосборников удобно принять по числу стекателей или пресов, с которых в соответствии с технологической схемой отбирают сусло на марочные виноматериалы. Если стекателей по расчету получилось, например, 4, тогда рабочий объем каждого суслосборника составит $1848 : 4 = 462$ дал.

Таким образом, в нашем примере для сусла на марочные виноматериалы потребуется 4 суслосборника с рабочей вместимостью 462 дал каждый.

РАБОТА № 74. РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ, СВЯЗАННОГО С УСЛОВИЯМИ БРОЖЕНИЯ ВИНОГРАДНОГО СУСЛА

Пример 59. Требуется рассчитать количество резервуаров для брожения сусла стационарным способом и последующего хранения виноматериалов. За сезон перерабатывается 4000 т винограда, продолжительность сезона 20 сут, продолжительность периода бурного брожения 6 сут, выход сусла из 1 т винограда 76 дал. Объем одного резервуара 1500 дал. Коэффициент заполнения 0,85.

При расчете количества емкостей (резервуаров или бочек) для брожения сусла стационарным способом, т. е. когда бродильный процесс проходит в постоянном объеме сусла, учитывают неполное заполнение емкостей в период бурного брожения, чтобы исключить унос сусла с пеной. Если одновременно определяют общее количество емкостей, необходимое для последующего хранения молодых виноматериалов, полученных в данный сезон переработки сырья, то учитывают также неравномерность поступления урожая винограда.

Общее количество бродильных емкостей, необходимое для брожения сусла и последующего хранения виноматериалов, с учетом резерва на колебания урожайности вычисляют по формуле $N = K_y N_1$, где N — общее количество бродильных резервуаров; N_1 — расчетное количество резервуаров; K_y — коэффициент неравномерности урожая.

Расчетное количество резервуаров N_1 вычисляют по следующей формуле, в которой учтено заполнение резервуаров в период бурного брожения только на $2/3$ их полного объема с последующим дополнением до нормы, после окончания бурного брожения: $N_1 = mn(C + 2t) / (2t + v)$, где m — количество винограда, перерабатываемое за сезон, т; n — общий выход сусла с 1 т винограда, дал; C — число суток бурного брожения; t — продолжительность сезона виноделия, сут; v — рабочая вместимость бродильных резервуаров, дал. Следовательно, $N_1 = 4000 \cdot 76(6 + 2 \cdot 20) / (2 \cdot 20 \cdot 0,85 \cdot 1500) = 274$ бродильных резервуара.

Примем $K_y = 1,05$, тогда $N = 1,05 \cdot 274 = 288$ бродильных резервуаров.

Пример 60. Требуется рассчитать количество резервуаров установки для приготовления в потоке разводки дрожжей чистой культуры в количестве 100 дал/ч. Продолжительность генерации дрожжей 2 сут, общий объем одного резервуара 500 дал, коэффициент заполнения $\phi = 0,85$.

Количество резервуаров дрожжегенератора может быть вычислено по формуле

$$x = v_d 24 t / (E \varphi), \quad (38)$$

где v_d — общий расход дрожжевой разводки, дал/ч; t — продолжительность генерации дрожжей, сут; E — вместимость ферментатора, дал; φ — коэффициент заполнения.

Подставив исходные данные в формулу (38), получим $x = 100 \cdot 24 \cdot 2 / (0,85 \times 500) = 11$ резервуаров.

РАБОТА № 75. РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ, СВЯЗАННОГО С УСЛОВИЯМИ ПРОЦЕССА ШАМПАНИЗАЦИИ

Пример 61. Требуется рассчитать количество ферментаторов для обескислороживания купажа шампанских виноматериалов. Купаж поступает на шампанизацию в количестве 60 дал/ч, дрожжевая разводка — 1 дал/ч. Продолжительность процесса обескислороживания 12 ч. Общая вместимость ферментатора 500 дал, коэффициент, учитывающий уменьшение объема ферментатора за счет наполнителей, равен 0,82.

Для вычисления количества ферментаторов можно воспользоваться следующей формулой: $x = (v + v_d) t / (E \varphi_1)$, где v — производительность установки для обескислороживания виноматериалов в потоке, дал/ч; v_d — расход дрожжевой разводки на обескислороживание, дал/ч; t — продолжительность процесса обескислороживания и обогащения вина биологически активными веществами, ч; E — общая вместимость резервуара, дал; φ_1 — коэффициент, учитывающий уменьшение объема резервуара за счет наполнителей.

После подстановки заданных величин и решения получим $x = (60 + 1) \times 12 / (0,82 \cdot 500) = 2$ ферментатора.

Пример 62. Требуется рассчитать количество бродильных батарей или одноемкостных бродильных аппаратов для шампанизации вина в потоке. Коэффициент потока, соответствующий минимально допустимой продолжительности процесса шампанизации (17 сут.), равен 0,00245. Общее количество бродильной смеси, поступающей на шампанизацию, 58 дал/ч. Рабочий объем бродильных резервуаров (батарей или одноемкостного аппарата), за вычетом объема, занимаемого наполнителем, равен 4000 дал.

Расчет можно провести по формуле

$$x = v_0 / (VK), \quad (39)$$

где v_0 — общее количество бродильной смеси (купаж + ликер + дрожжи), поступающей на шампанизацию, дал/ч; V — общая вместимость одной бродильной линии или одноемкостного бродильного аппарата, включая биогенераторы, дал; K — предельная величина коэффициента потока, утвержденная для игристого вина данного типа.

Проведя решение заданного примера по формуле (39), получим $x = 58 / (0,00245 \cdot 4000) = 6$ бродильных установок.

РАБОТА № 76. РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ, СВЯЗАННОГО С УСЛОВИЯМИ ПЕРЕГОНКИ ВИНА НА КОНЬЯЧНЫЙ СПИРТ

Пример 63. Требуется рассчитать количество перегонных аппаратов КУ-500 для получения коньячного спирта в объеме 50 000 дал безводного спирта (б. с.) за сезон. Крепость коньячных виноматериалов 9% об., производительность аппарата 1000 дал виноматериалов в сутки.

Расчет можно провести по следующей формуле:

$$x = 100 v_k / (180 a W), \quad (40)$$

где v_k — объем коньячного спирта, дал б. с.; a — крепость виноматериалов, % об.; W — производительность перегонного аппарата, дал виноматериалов в сутки; 180 — число суток сезона перегонки.

Проведя решение примера по формуле (40), получим: $x = 100 \cdot 50\,000 / (180 \times 9 \cdot 1000) = 3$ перегонных аппарата КУ-500.

РАБОТА № 77. РАСЧЕТ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ПРИЕМКИ И ХРАНЕНИЯ ВИНМАТЕРИАЛОВ

Количество резервуаров (цистерн) для приемки поступающих виноматериалов вычисляют по следующей формуле:

$$x = QP_n / (EK_{об}),$$

где Q — количество виноматериалов, поступающих в месяц, дал; P_n — коэффициент неравномерности поступления виноматериалов (см. Приложение 15); E — вместимость цистерны, дал; $K_{об}$ — коэффициент оборачиваемости цистерны.

Коэффициент $K_{об}$ рассчитывают по формуле $K_{об} = nt/T$, где n — число дней поступления виноматериалов в месяц; t — число часов поступления виноматериалов в сутки; T — длительность технологического цикла одной цистерны, ч.

Величину T находят по формуле

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4,$$

где t_1 — время разгрузки одной цистерны (отношение вместимости цистерны к часовому расходу виноматериала), ч; t_2 — продолжительность подготовки цистерны к очередной загрузке (мойка и профилактический осмотр), ч; t_3 — продолжительность заполнения цистерны, ч; t_4 — время на проведение технологических процессов и анализов, ч.

Пример 64. Требуется определить количество цистерн для приемки за месяц 100 тыс. дал однотипных виноматериалов. Вместимость одной цистерны 5000 дал. Виноматериалы поступают 16 дней в месяц, приемка виноматериалов производится в течение 10 ч в сутки. Время разгрузки одной цистерны 12 ч, продолжительность подготовки цистерны к загрузке 5 ч. На заполнение цистерны, проведение технологического процесса и химических анализов требуется 24 ч.

Длительность технологического цикла одной цистерны $T = 12 + 5 + 24 = 41$ сут.

Коэффициент оборачиваемости цистерны $K_{об} = 16 \cdot 10 / 41 = 3,9$.

Потребное количество емкостей $x = 100\,000 \cdot 1,2 / (3,9 \cdot 5000) = 6$ цистерн.

В расчете потребного количества емкостей для винохранилищ принимают трехкратную оборачиваемость основных резервуаров при коэффициенте их заполнения $\varphi = 1$ и включают в общий баланс емкостей для единовременного хранения вина также купажные резервуары и резервуары для термической обработки виноматериалов с поправочным коэффициентом, равным 0,7. При таких условиях для вычисления количества резервуаров приемлема следующая формула:

$$x = [1,3Q - 0,7(N_1 E_1 + N_2 E_2)] E, \quad (41)$$

где Q — общее количество виноматериалов, подлежащих единовременному хранению, дал; N_1 и N_2 — количество имеющихся резервуаров, соответственно купажных и для термообработки; E_1 и E_2 — вместимости резервуаров, соответственно купажных и для термообработки.

Пример 65. Требуется рассчитать количество цистерн для одновременного хранения 500 тыс. дал обычных вин. Вместимость одной цистерны 4000 дал. На заводе имеются 3 купажных резервуара вместимостью по 5000 дал каждый и 10 резервуаров для термической обработки по 1500 дал каждый, которые могут быть использованы для хранения виноматериалов.

Проведя решение по формуле (41), получим: $x = [1/3 \cdot 500\,000 + 0,7(3 \cdot 5000 + 10 \cdot 1500)]/4000 = 47$ цистерн.

РАБОТА № 78. РАСЧЕТ СМЕСИТЕЛЕЙ И ТЕРМОС-РЕЗЕРВУАРОВ

Рабочую вместимость смесителей принимают кратной вместимости резервуаров, в которых хранятся виноматериалы. Желательно также, чтобы каждый смеситель вмещал содержимое не менее трех резервуаров выдержки вина для удобства варьирования состава смесей, т. е. $E_m \geq 3E$, где E_m — минимальный объем резервуара-смесителя; E — объемы резервуаров, в которых хранят виноматериалы, подлежащие эгаллизации или купажированию.

Пример 66. Требуется определить количество смесителей для проведения эгаллизации 57 262 дал виноматериалов, поступающих в течение месяца. Рабочая вместимость каждого резервуара для приемки и хранения виноматериалов 1500 дал.

Расчет проведем на минимальный объем смесителя: $3 \cdot 1500 = 4500$ дал.

Для обеспечения обработки заданного количества виноматериалов в месяц потребуется проводить $57\,262 : 4500 = 13$ эгаллизаций.

Приняв полный рабочий цикл смесителя равным 2 сут, число рабочих дней в месяц 25 и коэффициент заполнения смесителя $\varphi = 0,81$ (см. Приложение 15), получим: $13 \cdot 2 : 25 = 1$ смеситель.

Количество термос-резервуаров для обработки виноматериалов холодом или теплом рассчитывают на основании заданного технологического режима процесса и продолжительности работы термомоха.

Пример 67. Требуется определить количество термос-резервуаров для обработки холодом 343 528 дал виноматериалов в год. Продолжительность работы термомоха в год 9 мес (230 сут). Обработку холодом ведут в термос-резервуарах вместимостью по 2000 дал каждый. Продолжительность выдержки вина на холоде 4 сут. Коэффициент заполнения термос-резервуара $\varphi = 0,9$ (см. Приложение 15).

В сутки обрабатывается виноматериалов $343\,528 : 230 = 1493,6$ дал.

Количество резервуаров для выдержки виноматериалов на холоде $1493,6 \times 4 / (0,9 \cdot 2000) = 3$ резервуара.

С учетом двух дополнительных переходных резервуаров (накопителей) всего потребуется 5 термос-резервуаров вместимостью по 2000 дал каждый.

Отчет

Студент составляет отчет с расчетами, выполненными по заданию преподавателя, или соответствующий раздел курсового проекта.

Задания для самостоятельной проработки

Индивидуальные задания для самостоятельной проработки студентами по разделу «Расчет количества технологического оборудования винодельческих производств» целесообразно увязывать с

темами курсовых проектов. В этом случае при определении потребного количества технологического оборудования могут быть использованы в качестве исходных данных результаты расчета продуктов и материальные балансы курсовых проектов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие исходные данные необходимы для проведения расчета потребного количества технологического оборудования?
2. Как рассчитывают количество оборудования периодического действия?
3. Как рассчитывают количество оборудования непрерывного действия?
4. Как рассчитывают количество технологического оборудования, работающего в специальных условиях?
5. Как рассчитывают количество технологических емкостей для приемки, хранения и обработки виноматериалов?
6. В каких условиях при расчете оборудования винзаводов учитывают следующие коэффициенты: неравномерности поступления винограда на переработку в течение рабочего дня, неполного использования оборудования, заполнения технологических емкостей, неравномерности поставки и отгрузки виноматериалов?

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Определение сахара в сусле по относительной плотности (d_4^{20}) и показаниям рефрактометров при 20°С

d_4^{20}	Показания рефрактометров			Содержание сахара, г на 100 мл
	полевого	лабораторного	прецизионного	
1,035	8,2	1,3451	24,5	6,5
36	8,5	55	25,4	6,8
37	8,8	60	26,4	7,1
38	9,1	65	27,3	7,3
39	9,3	68	28,0	7,6
40	9,6	72	28,9	7,9
41	9,9	77	29,9	8,2
42	10,2	81	30,8	8,4
43	10,4	85	31,5	8,7
44	10,7	89	32,4	9,0
45	11,0	94	33,4	9,2
46	11,2	97	34,1	9,5
47	11,5	1,3501	35,0	9,8
48	11,8	06	36,0	10,0
49	12,0	09	36,6	10,3
50	12,3	14	37,6	10,6
51	12,6	19	38,6	10,8
52	12,8	22	39,3	11,1
53	13,1	27	40,3	11,4
54	13,4	32	41,3	11,6
55	13,6	34	41,9	11,9
56	13,9	39	42,9	12,2
57	14,0	41	43,3	12,4
58	14,2	44	43,9	12,7
59	14,4	48	44,6	13,0
60	14,6	51	45,3	13,2
61	14,7	52	45,6	13,5
62	15,0	57	46,6	13,8
63	15,2	60	47,3	14,0
64	15,4	63	48,0	14,3
65	15,7	68	49,0	14,6
66	15,9	71	49,7	14,8
67	16,2	76	50,7	15,1
68	16,4	79	51,4	15,4
69	16,7	84	52,4	15,6
70	16,9	87	53,1	15,9
71	17,1	91	53,8	16,2
72	17,4	96	54,9	16,4
73	17,6	99	55,6	16,7
74	17,8	1,3602	56,3	17,0
75	18,0	06	57,0	17,2
76	18,2	09	57,7	17,5
77	18,5	14	58,7	17,8
78	18,8	19	59,8	18,0
79	19,0	22	60,5	18,3
80	19,3	27	61,5	18,6
81	19,6	32	62,6	18,8
82	19,8	35	63,3	19,1
83	20,0	38	64,0	19,4
84	20,2	42	64,8	19,6
85	20,4	45	65,5	19,9

d_{4}^{20}	Показания рефрактометров			Содержание сахара, г на 100 мл
	полевого	лабораторного	прецизионного	
1,086	20,7	1,3650	66,6	20,2
87	21,0	55	67,7	20,4
88	21,2	58	68,4	20,7
89	21,5	63	69,5	21,0
90	21,8	69	70,6	21,2
91	22,0	71	71,3	21,5
92	22,3	76	72,4	21,8
93	22,6	81	73,5	22,0
94	22,7	86	73,9	22,3
95	22,9	89	74,6	22,6
96	23,2	93	75,7	22,8
97	23,4	97	76,5	23,1
98	23,6	1,3701	77,2	23,4
99	23,8	03	77,9	23,6
1,100	24,0	07	78,7	23,9
101	24,4	14	80,1	24,2
102	24,7	19	81,3	24,4
103	25,0	23	82,4	24,7
104	25,3	28	83,5	25,0
105	25,6	33	84,6	25,2
106	25,8	37	85,4	25,5
107	26,0	41	86,1	25,8
108	26,2	44	86,9	26,0
109	26,4	48	87,7	26,3
110	26,7	53	88,8	26,6
111	27,0	58	90,0	26,8
112	27,2	61	90,8	27,1
113	27,4	65	91,6	27,4
114	27,7	71	92,7	27,6
115	27,9	75	93,5	27,9
116	28,2	80	94,7	28,2
117	28,5	84	95,8	28,4
118	28,7	88	96,6	28,7
119	28,9	91	97,4	29,0
120	29,1	94	98,2	29,3
121	29,4	1,3800	99,5	29,5
122	29,5	02	99,9	29,8
123	29,8	07		30,1
124	30,0	10		30,3
125		14		30,6
126		19		30,9
127		24		31,1
128		27		31,4
129		31		31,7
130		35		31,9

Приложение 2. Плотность виноматериалов и вин (ρ_v^t , кг/м³) в зависимости от состава и температуры

Общий экстр., % мас.	Температура, $\frac{K}{^{\circ}C}$					
	273	283	293	303	313	323
	0	10	20	30	40	50

Концентрация спирта 5% об.

5	1011,9	1011,3	1009,5	1006,7	1003,1	998,8
10	1031,4	1030,8	1029,1	1026,4	1022,9	1018,8
15	1051,8	1051,3	1049,6	1047,0	1043,6	1039,6
20	1073,2	1072,6	1071,0	1068,5	1063,2	1061,4
25	1095,4	1094,8	1093,3	1090,8	1087,7	1084,0
30	1118,5	1117,9	1116,4	1114,1	1111,1	1108,6

Концентрация спирта 10% об.

5	1006,2	1005,2	1003,0	1000,1	996,1	991,6
10	1025,7	1024,7	1022,6	1019,8	1015,9	1011,7
15	1046,2	1045,2	1043,1	1040,4	1036,6	1032,5
20	1067,5	1066,5	1064,5	1061,9	1058,2	1054,3
25	1089,7	1088,6	1086,8	1084,2	1080,7	1076,9
30	1112,8	1111,8	1109,9	1107,5	1104,1	1100,4

Концентрация спирта 15% об.

5	1001,5	1000,1	997,6	994,2	990,0	985,3
10	1021,1	1019,7	1017,2	1013,9	1009,8	1005,2
15	1041,5	1040,1	1037,7	1034,5	1030,5	1026,1
20	1062,9	1061,4	1059,1	1056,0	1052,1	1047,8
25	1085,1	1083,6	1081,4	1078,3	1074,6	1070,5
30	1108,2	1106,7	1104,5	1101,6	1098,0	1094,0

Концентрация спирта 20% об.

5	997,8	996,0	993,1	989,5	985,0	980,0
10	1017,4	1015,6	1012,8	1009,2	1004,8	999,9
15	1037,8	1036,0	1033,2	1029,8	1025,5	1020,8
20	1059,2	1057,3	1054,6	1051,2	1047,1	1042,5
25	1081,4	1079,5	1076,9	1073,6	1069,6	1065,2
30	1104,4	1102,6	1100,0	1096,8	1093,0	1088,7

Приложение 3. Вязкость сухих вин (в мПа·с)

Температура, °C	Содержание спирта, % об.											
	9			10			11			12		
	Содержание экстракта, г на 100 мл											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
-4	—	3,44	3,50	3,53	3,59	3,67	3,68	3,75	3,85	3,85	3,92	4,05
0	2,82	2,88	2,93	2,95	3,00	3,08	3,09	3,16	3,25	3,25	3,30	3,42
4	2,42	2,46	2,50	2,53	2,58	2,63	2,64	2,70	2,76	2,76	2,83	2,89
8	2,10	2,12	2,15	2,19	2,22	2,25	2,28	2,33	2,37	2,37	2,43	2,49

Температура, °С	Содержание спирта, % об.											
	9			10			11			12		
	Содержание экстракта, г на 100 мл											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
12	1,83	1,86	1,90	1,91	1,94	1,99	1,99	2,03	2,08	2,07	2,11	2,18
16	1,61	1,64	1,67	1,68	1,71	1,74	1,75	1,78	1,82	1,81	1,85	1,91
20	1,43	1,45	1,46	1,48	1,50	1,53	1,54	1,56	1,60	1,59	1,62	1,67
24	1,28	1,30	1,32	1,32	1,34	1,37	1,38	1,39	1,43	1,42	1,45	1,49
28	1,15	1,16	1,18	1,19	1,20	1,23	1,23	1,24	1,27	1,27	1,29	1,32
32	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,10	1,10	1,12	1,14	1,14	1,16	1,19
36	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	1,00	1,00	1,01	1,04	1,03	1,05	1,08
40	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,93	0,94	0,93	0,85	0,97
44	0,79	0,80	0,81	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84	0,86	0,85	0,87	0,89
48	0,72	0,73	0,74	0,74	0,75	0,76	0,76	0,77	0,79	0,78	0,80	0,82
52	0,66	0,67	0,68	0,68	0,69	0,70	0,70	0,71	0,73	0,72	0,73	0,75
56	0,61	0,62	0,63	0,63	0,64	0,65	0,65	0,66	0,67	0,66	0,67	0,69
60	0,57	0,58	0,59	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61	0,62	0,61	0,62	0,63

Приложение 4. Вязкость вин, содержащих сахар (в мПа·с)

Температура, °С	Содержание спирта, % об.											
	15				18				20			
	Содержание экстракта (в %), включая сахар											
	8	13	18	23	8	13	18	23	8	13	18	23
—8	6,45	7,25	9,65	12,37	8,10	9,07	11,05	14,55	8,80	9,86	12,15	16,67
—4	5,32	6,23	7,95	10,15	6,42	7,55	9,20	12,15	7,00	8,28	10,15	14,20
0	4,45	5,32	6,60	8,40	5,20	6,25	7,70	9,80	5,70	6,90	8,55	11,80
4	3,75	4,50	5,54	6,95	4,35	5,25	6,45	8,30	4,75	5,75	7,10	9,70
8	3,20	3,80	4,70	5,80	3,65	4,40	5,37	6,92	4,00	4,80	5,92	8,00
12	2,77	3,27	4,00	4,90	3,12	3,75	4,54	5,76	3,40	4,03	4,93	6,62
16	2,40	2,83	3,41	4,18	2,70	3,23	3,87	4,85	2,92	3,44	4,17	5,52
20	2,07	2,43	2,91	3,57	2,35	2,74	3,28	4,00	2,50	2,91	3,53	4,62
24	1,84	2,14	2,52	3,10	2,05	2,40	2,88	3,50	2,17	2,54	3,05	3,94
28	1,63	1,89	2,22	2,71	1,50	2,08	2,52	3,03	1,88	2,20	2,64	3,30
32	1,44	1,67	1,97	2,38	1,59	1,84	2,22	2,66	1,64	1,92	2,29	2,91
36	1,28	1,48	1,75	2,11	1,40	1,63	1,94	2,35	1,46	1,70	2,03	2,55
40	1,16	1,33	1,57	1,87	1,25	1,45	1,70	2,06	1,30	1,50	1,77	2,23
44	1,06	1,20	1,44	1,67	1,13	1,30	1,53	1,83	1,17	1,35	1,58	2,00
48	0,96	1,09	1,32	1,50	1,02	1,18	1,36	1,64	1,07	1,21	1,41	1,78
52	0,86	1,00	1,19	1,36	0,92	1,07	1,23	1,47	0,97	1,08	1,27	1,58
56	0,78	0,91	1,07	1,24	0,84	0,97	1,11	1,33	0,88	0,98	1,15	1,43
60	0,73	0,83	0,97	1,12	0,77	0,87	1,00	1,20	0,81	0,90	1,04	1,30

Приложение 5. Зависимость удельной массовой теплоемкости c_v^t
[в ккал/(кг·°C), Дж/(кг·K)] виноматериалов и вин от их состава
и температуры

Концентрация общего экстракта, % мас.	Температура, $\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{K}}$				
	0	20	40	60	80
	$\frac{273}{273}$	$\frac{293}{293}$	$\frac{313}{313}$	$\frac{333}{333}$	$\frac{353}{353}$

Концентрация спирта 5% об.

5	0,95	0,95	0,94	0,95	0,96
10	0,92	0,92	0,92	0,92	0,93
15	0,90	0,89	0,89	0,90	0,90
20	0,87	0,87	0,87	0,87	0,88
25	0,85	0,84	0,84	0,83	0,85
30	0,82	0,82	0,82	0,82	0,83

Концентрация спирта 10% об.

5	0,93	0,92	0,93	0,93	0,94
10	0,90	0,90	0,90	0,90	0,91
15	0,87	0,87	0,87	0,88	0,89
20	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86
25	0,82	0,82	0,82	0,83	0,84
30	0,79	0,79	0,80	0,80	0,81

Концентрация спирта 15% об.

5	0,90	0,90	0,90	0,91	0,92
10	0,87	0,87	0,88	0,89	0,90
15	0,84	0,84	0,85	0,86	0,87
20	0,82	0,82	0,82	0,83	0,84
25	0,79	0,79	0,80	0,81	0,82
30	0,77	0,77	0,77	0,78	0,79

Концентрация спирта 20% об.

5	0,87	0,87	0,88	0,89	0,91
10	0,84	0,84	0,85	0,86	0,88
15	0,81	0,82	0,82	0,84	0,85
20	0,79	0,79	0,80	0,81	0,89
25	0,76	0,77	0,77	0,78	0,80
30	0,74	0,74	0,75	0,76	0,78

Приложение 6. Значения коэффициента теплопроводности некоторых
марок вина

$t, ^{\circ}\text{C}$	$\lambda_{\text{в}}$		$t, ^{\circ}\text{C}$	$\lambda_{\text{в}}$		$t, ^{\circ}\text{C}$	$\lambda_{\text{в}}$	
	ккал/ /(м·ч·град)	Вт/ /(м·град)		ккал/ /(м·ч·град)	Вт/ /(м·град)		ккал/ /(м·ч·град)	Вт/ /(м·град)

Анапа

0	0,415	0,483	30	0,442	0,514	60	0,480	0,558
10	0,423	0,492	40	0,452	0,525	70	0,500	0,581
20	0,430	0,500	50	0,466	0,542	80	0,523	0,608

Приложение 9. Коэффициенты поглотительной способности вина к диоксиду углерода в зависимости от его состава и температуры

Температура, °С	Содержание сахара, г на 100 мл																
	0				3				5				8				20
	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13		
Содержание спирта, % об.																	
-5	1,85	1,84	1,82	1,79	1,78	1,76	1,73	1,72	1,70	1,64	1,63	1,61	1,59	1,58	1,56		
0	1,57	1,55	1,54	1,52	1,50	1,49	1,47	1,45	1,44	1,39	1,38	1,36	1,35	1,33	1,32		
5	1,31	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,23	1,22	1,21	1,17	1,16	1,14	1,13	1,12	1,11		
10	1,09	1,08	1,07	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1,00	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92		
15	0,91	0,90	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78	0,77	0,76		
20	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,70	0,69	0,68	0,66	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62		
25	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,58	0,58	0,57	0,55	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50		
30	0,54	0,53	0,52	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44	0,44	0,43	0,42		

**Приложение 10. Коэффициент использования
грузоподъемности автотранспорта при доставке
винограда на переработку**

Вид транспорта	Грузоподъемность, т	
	3	5
Навалом в автосамосвалах	0,8	0,7
Навалом в автоприцепах	0,8	0,7
В контейнерах КВА	0,75	—
В корзинах	0,6	0,6

**Приложение 11. Нормы
простоя автотранспорта
при взвешивании винограда
на автовесах**

Вид транспорта	Время, мин
Автомашина	2
Автоприцеп	2,5

**Приложение 12. Нормы простоя автотранспорта
под разгрузкой винограда (в мин)**

Вид транспорта	Грузоподъемность, т		Примечание
	3	5	
Навалом в автосамосвалах	5	6	В нормы простоя включается время подъезда и отъез- да автотранспорта
Навалом в автоприцепах	6	—	
В контейнерах	6	—	
В корзинах	10	—	

**Приложение 13. Расчетные нормы времени
осветления виноградного сусла методом отстаивания
(в ч)**

Виноматериалы	Сусло	
	самотек	прессовое
Шампанские и столовые	18	—
Полусладкие	24	24
Крепленые	24	24
Коньячные	18	18

Примечание. Промежуточные значения устанавливаются линейной интерполяцией.

Приложение 14. Расчетная продолжительность брожения (в ч)

Виноматериалы	Способ брожения				Примечания
	сусло, по белому		на мезге, по красному		
	периодический	непрерывный	периодический	непрерывный	
Столовые и шампанские	125—150	100	125—150	100	При выработке виноматериалов с экстрагированием красящих, дубильных и ароматических веществ подброженным суслом принимают продолжительность экстракции 14 ч и брожения в потоке — 50 ч
Полусладкие	50	30	50	30	
Десертные	24	20	24	20	
Крепкие					
портвейн белый	75	50	—	—	
портвейн красный	75	50	—	—	
Коньячные	125—150	100	—	—	

Приложение 15. Поправочные и нормативные коэффициенты для расчета технологического оборудования винзаводов

1. Коэффициент неравномерности поступления винограда на переработку в течение рабочего дня 1,4
2. Объемная масса винограда, т/м³ 0,6
3. Коэффициент использования оборудования, не менее 0,7
4. Коэффициент заполнения
 - отстойных резервуаров 1
 - бродильных резервуаров при брожении сусла 0,85
 - при брожении на мезге 0,80
 - резервуаров для хранения вин 1
 - резервуаров для термической обработки 0,9
 - резервуаров для эгализации и купажа 0,81
5. Коэффициент неравномерности при отгрузке виноматериалов и вин
 - для автомобильного транспорта 1,2
 - для железнодорожного транспорта 1,5
6. Время на загрузку вином
 - автомобильной цистерны, мин 20
 - железнодорожной цистерны, ч 1,5
7. Коэффициент неравномерности поставки виноматериалов и коньяков
 - для автомобильного транспорта 1,5
 - для железнодорожного транспорта 1,2

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Аношин И. М., Мержаниан А. А. Физические процессы виноделия. — М.: Пищевая пром-сть, 1976. — 375 с.

Валуйко Г. Г. Виноградные вина. — М.: Пищевая пром-сть, 1978. — 254 с.

Вспомогательные материалы в виноделии/[Н. С. Охременко, С. Т. Тюрин, Т. А. Ярославцева, П. И. Николаев]. — М.: Пищевая пром-сть, 1977, с. 95—160.

Герасимов М. А. Технология вина. — М.: Пищепромиздат, 1964. — 639 с.

Зайчик Ц. Р. Оборудование предприятий винодельческой промышленности. — М.: Пищевая пром-сть, 1977. — 400 с.

Кишковский З. Н., Скурихин И. М. Химия вина. — М.: Пищевая пром-сть, 1976. — 312 с.

Лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств»/под ред. А. С. Гинзбурга. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Пищевая пром-сть, 1976, с. 248—269.

Малтабар В. М., Фертман Г. И. Технология коньяка. — М.: Пищевая пром-сть, 1971, с. 204—228.

Мержаниан А. А. Физико-химия игристых вин. — М.: Пищевая пром-сть, 1979. — 272 с.

Нилов В. И., Тюрин С. Т. Созревание и хранение виноматериалов в крупных резервуарах. — М.: Пищевая пром-сть, 1967, с. 163—178.

Нормы технологического проектирования и технико-экономические показатели винодельческих заводов по переработке винограда. — М., 1976. — 81 с.

Нормы технологического проектирования и технико-экономические показатели заводов по розливу вин. — М., 1976. — 52 с.

Нормы технологического проектирования и технико-экономические показатели заводов шампанских вин (производство Советского шампан-

ского резервуарным непрерывным методом). — М., 1975. — 71 с.

Нормы технологического проектирования и технико-экономические показатели коньячных заводов (временные). — М., 1975. — 107 с.

Паперно Г. А., Дашкевич Т. Н. Справочное пособие по плодово-ягодному виноделию. — Минск: Урожай, 1968, с. 38—104.

Производство Советского шампанского непрерывным способом/[С. А. Брусиловский, А. И. Мельников, А. А. Мержаниан, Н. Г. Сарихвили]. — М.: Пищевая пром-сть, 1977. — 232 с.

Сборник технологических инструкций, правил и нормативных материалов по винодельческой промышленности (мероприятия по улучшению качества вина)/под ред. Г. Г. Валуйко. — М.: Пищевая пром-сть, 1973. — 629 с.

Сборник технологических инструкций, правил и нормативных материалов. — М.: Пищевая пром-сть, 1978. — 559 с.

Справочник по виноделию/под ред. В. М. Малтабара, Э. М. Шприцмана. — М.: Пищевая пром-сть, 1973. — 408 с.

Субботин В. А., Тюрин С. Т., Валуйко Г. Г. Физико-химические показатели вина и виноматериалов. — М.: Пищевая пром-сть, 1972. — 161 с.

Технологическое оборудование винодельческих предприятий/[П. М. Яковлев, Н. Ф. Харитонов, М. К. Алексеев, Г. Е. Кантур]. — М.: Пищевая пром-сть, 1975. — 332 с.

Химико-технологический контроль виноделия/под ред. Г. Г. Агабальянца. — М.: Пищевая пром-сть, 1969. — 612 с.

Чубик И. А., Маслов А. М. Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов. — М.: Пищевая пром-сть, 1970. — 184 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От авторов	3
ГЛАВА I. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВИНОМАТЕРИАЛОВ И ВИН	
Плотность	5
Работа № 1. Определение плотности экспериментальным путем	7
Работа № 2. Определение плотности расчетом	11
Работа № 3. Сопоставительная оценка и выбор метода определения плотности	16
Вязкость	20
Работа № 4. Определение вязкости экспериментальным путем	22
Работа № 5. Определение вязкости расчетом	24
Работа № 6. Сопоставительная оценка и выбор метода определения вязкости	25
Объемное расширение	27
Работа № 7. Определение температурного коэффициента объемного расширения экспериментальным путем	28
Работа № 8. Определение температурного коэффициента объемного расширения расчетом	30
Работа № 9. Сопоставительная оценка и выбор метода определения температурного коэффициента объемного расширения	31
Температура замерзания	34
Работа № 10. Определение температуры замерзания экспериментальным путем	36
Работа № 11. Определение температуры замерзания расчетом	37
Работа № 12. Сопоставительная оценка расчетных методов определения температуры замерзания	40
Удельная массовая теплоемкость	43
Работа № 13. Определение удельной массовой теплоемкости вина расчетом	44
Работа № 14. Сопоставительная оценка методов определения удельной массовой теплоемкости	48
Теплопроводность	51
Работа № 15. Определение коэффициента теплопроводности вина расчетом	52
Работа № 16. Сопоставительная оценка методов определения коэффициента теплопроводности	55
Поглотительная способность вина к диоксиду углерода	57
Работа № 17. Определение поглотительной способности вина к диоксиду углерода экспериментальным путем	58
Работа № 18. Определение поглотительной способности вина к диоксиду углерода расчетом	59

Пенообразующие свойства виноматериалов	62
Работа № 19. Определение пенообразующих свойств виноматериалов	62
Работа № 20. Определение устойчивости элементов пены вина	63
Сопrotивление вина выделению диоксида углерода	65
Работа № 21. Определение величины сопротивления вина выделению диоксида углерода	66

ГЛАВА II. КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Брожение	70
Работа № 22. Контроль брожения сусла ареометрическим методом	70
Работа № 23. Контроль брожения сусла рефрактометрическим методом	71
Оклейка виноматериалов и вин	74
Работа № 24. Обоснование выбора оклеивающих материалов	75
Работа № 25. Проведение пробной оклейки	76
Работа № 26. Определение оптимальной дозировки флокулянта при обработке вина бентонитом	79
Работа № 27. Сопоставительная технологическая характеристика различных оклеивающих материалов	80
Работа № 28. Проведение пробной деметаллизации вин	82
Фильтрация и другие технологические обработки вина	85
Работа № 29. Исследование изменения прозрачности вина	86
Работа № 30. Исследование изменения окраски вина	87
Выдержка	88
Работа № 31. Контроль содержания кислорода	89
Работа № 32. Контроль изменения давления в бутылках с шампанским	96
Работа № 33. Исследование вин на склонность к физико-химическим помутнениям	99
Работа № 34. Исследование вин на склонность к биологическим помутнениям	103

ГЛАВА III. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКТОВ ВИНODEЛИЯ

Вино	105
Работа № 35. Испытание вина на розливостойкость	106
Шампанское	108
Работа № 36. Оценка игристых и пенистых свойств	108
Дрожжевые осадки и гущевые отходы	111
Работа № 37. Определение содержания спирта	111
Работа № 38. Определение содержания винной кислоты	112
Виннокислотное сырье	113
Работа № 39. Определение содержания винной кислоты	113
Выжимки и семена	116
Работа № 40. Определение влажности	116
Работа № 41. Определение содержания масла в виноградных семенах	117

ГЛАВА IV. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Спирт этиловый ректификованный	118
Работа № 42. Органолептическая оценка спирта-ректификата	118
Работа № 43. Определение концентрации (крепости) этилового спирта	118
Работа № 44. Проба спирта на чистоту	121
Работа № 45. Проба спирта на окисляемость	122

Вакуум-сусло	123
Работа № 46. Определение плотности и сахаристости вакуум-сусла	123
Винная кислота	125
Работа № 47. Определение содержания винной кислоты	125
Работа № 48. Определение содержания золы	125
Лимонная кислота	126
Работа № 49. Определение содержания лимонной кислоты	126
Работа № 50. Определение содержания золы	127
Материалы, применяемые для осветления (оклейки) вина	128
Работа № 51. Определение качества бентонита и других дисперсных материалов	128
Работа № 52. Определение качества желатина	132
Работа № 53. Определение качества танина	132
Фильтр-картон	134
Работа № 54. Определение скорости прохождения воды через фильтр-картон	134
Бутылки	135
Работа № 55. Определение качества бутылок	135

ГЛАВА V. РАСЧЕТЫ СОСТАВА МАТЕРИАЛОВ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ

Спиртование сусла	136
Работа № 56. Расчет спиртования небродившего сусла	137
Работа № 57. Расчет спиртования бродящего сусла	138
Купажирование виноградных вин	140
Работа № 58. Расчеты купажей, учитывающие один показатель состава	140
Работа № 59. Расчеты купажей, учитывающие два показателя состава	141
Работа № 60. Расчеты купажей, учитывающие три показателя состава	149
Купажирование плодово-ягодных вин	152
Работа № 61. Расчет расхода сахара на приготовление плодово-ягодного сусла	152
Работа № 62. Расчет расхода спирта на доведение крепости сброженного плодово-ягодного сусла до 16,1% об.	153
Работа № 63. Расчет количества спирта и сахара на производство плодово-ягодных вин из соков	153
Купажирование коньяков	154
Работа № 64. Расчет состава коньячного купажа	155
Работа № 65. Расчет количества коньячного спирта для укрепления купажа пониженной крепости	157
Работа № 66. Расчет количества дистиллированной воды для разбавления купажа повышенной крепости	157
Приготовление шампанских ликеров	158
Работа № 67. Расчет компонентов шампанских ликеров	158

ГЛАВА VI. РАСЧЕТЫ ПРОДУКТОВ И СОСТАВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ БАЛАНСОВ ВИНODEЛЬЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Производство белых столовых сухих и крепленых виноградных вин	160
Работа № 68. Расчет продуктов и баланс материалов производства	161
Производство Советского шампанского	178
Работа № 69. Расчет продуктов и баланс материалов производства	180
Производство коньяка	186
Работа № 70. Расчет продуктов и баланс материалов производства	187

ГЛАВА VII. РАСЧЕТЫ КОЛИЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ВИНОДЕЛЬЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Оборудование, работающее в общем режиме	193
Работа № 71. Расчет оборудования периодического действия	193
Работа № 72. Расчет оборудования непрерывного действия	194
Оборудование, работающее в специальных технологических режимах	195
Работа № 73. Расчет оборудования, связанного с условиями прием- ки и переработки винограда	195
Работа № 74. Расчет оборудования, связанного с условиями броже- ния виноградного сусла	196
Работа № 75. Расчет оборудования, связанного с условиями процес- са шампанизации	197
Работа № 76. Расчет оборудования, связанного с условиями пере- гонки вина на коньячный спирт	197
Технологические емкости	198
Работа № 77. Расчет резервуаров для приемки и хранения винома- териалов	198
Работа № 78. Расчет смесителей и термос-резервуаров	199
Приложения	201
Список рекомендуемой литературы	211

Вак

Вин

Лин

Ма

Фи

Бу

Сп

Ку

К

К

Г

Г

Г

Г

АРТЕМИЙ АРУТЮНОВИЧ МЕРЖАНИАН,
ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ МОНАСТЫРСКИЙ,
ИГОРЬ БОРИСОВИЧ ПЛАТОНОВ,
ЮРИЙ ДМИТРИЕВИЧ ТАГУНКОВ,
ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ ТОЛМАЧЕВ

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ
«ТЕХНОЛОГИЯ ВИНА»**

Редактор И. П. Вейшторд
Художник М. В. Носов
Художественный редактор В. А. Чуракова
Технический редактор Т. С. Пронченкова
Корректоры Т. М. Родичева, Е. А. Постникова

ИБ № 168

Сдано в набор 15.09.80. Подписано в печать 3.06.81. Формат
60×90^{1/16}. Бумага типографская № 2. Литературная гарнитура.
Высокая печать. Объем 13,5 п. л. Усл. п. л. 13,5. Усл. кр. от. л.
13,5. Уч.-изд. л. 16,05. Тираж 8200 экз. Заказ 1117. Цена 80 коп.

Издательство «Легкая и пищевая промышленность», 113035, Москва, М-35,
1-й Кадашевский пер., д. 12.

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
Хохловский пер., 7.

