

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Технология бродильных производств и виноделия»
для студентов направления подготовки
19.04.01 Биотехнология
Направленность (профиль)
Биотехнология производства продукции из растительного сырья,
виноделия и бродильных производств

ПРАВИЛА ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении лабораторных работ в химической лаборатории необходимо соблюдать следующие правила:

- работать только в белых халатах, в присутствии лаборанта или преподавателя.
- в процессе работы рабочее место содержать в чистоте, не загромождать его лишними предметами.
- лабораторная посуда, используемая при лабораторных исследованиях, должна быть тщательно вымыта.
- емкости с реактивами и растворами должны иметь надписи - этикетки с наименованиями и концентрациями.
- при нагревании жидкостей с осадком проявлять осторожность, т.к. возможен выброс жидкости, что может привести к повреждению рук и лица.
- при отмеривании жидкостей пипеткой необходимо пользоваться специальными грушами.
- запрещается оставлять включенные электроприборы без присмотра.
- по окончании работы необходимо выключить электроприборы, убрать рабочее место, вымыть руки, закрыть водопроводный кран.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

АНАЛИЗ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Цель работы: научиться определять временную, постоянную и общую жесткость воды.

Теоретическое обоснование

Предприятия бродильной промышленности потребляют большое количество воды. Она используется для технологических целей, для транспортировки и мойки сырья, тары, инвентаря, технологического оборудования, для охлаждения и нагревания жидкостей. Предприятия пищевой промышленности используют преимущественно воду из городских водопроводов, а также из артезианских скважин, рек и водохранилищ.

Природная вода – слабый раствор солей.

В воде содержатся катионы: H^+ , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , NH_4^+ , Al^{3+} и анионы: OH^- , Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , SiO_3^{2-} , HPO_4^{2-} .

В воде образуются различные соли: гидрокарбонаты кальция, магния, натрия; карбонаты натрия; хлориды, сульфаты кальция, магния, натрия и др.

Вода содержит растворенные газы: кислород, диоксид углерода, аммиак, радон, сероводород и др.

По происхождению источники воды делятся на: атмосферные (осадочные), подземные (артезианские и грунтовые) и поверхностные (воды открытых водоемов).

По количеству и характеру примесей воды подразделяют на: пресные, соленые, мягкие, жесткие, прозрачные, опалесцирующие, мутные, окрашенные, пахнущие и т.п.

Вода с содержанием солей до 0,1 % считается пресной; от 0,1 до 5 % – минеральной и более 5 % – рассолы. Состав минеральных солей воды определяется составом почвы, по которой она протекает, и растворимостью содержащихся в ней солей.

Вкус, запах, прозрачность воды обусловлены наличием примесей. По физико-химическим свойствам их можно разделить на 3 группы.

1 Водорастворимые вещества, содержатся в виде ионов или молекул, размер 10^{-6} мм, не задерживаются при фильтровании.

2 Коллоидные примеси – с размером частиц от 10^{-6} до 10^{-4} мм, не оседают, не задерживаются песочными фильтрами. Это гуминовые вещества, сульфокислоты, придают воде окраску от желтой до бурой.

3 Взвеси – размер частиц больше 10^{-4} мм, оседают на дно при отстаивании, задерживаются фильтрами. Это глина, песок.

2 Показатели качества воды производственного назначения

Вода, используемая на предприятиях бродильной промышленности для технологических целей, оказывает большое влияние на протекающие процессы, качество продукции и поэтому должна соответствовать определенным требованиям. Показатели качества воды делят на три группы: органолептические, физико-химические, бактериологические.

Органолептические показатели – запах, цвет, вкус, мутность

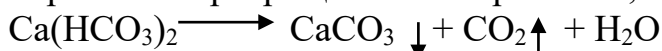
(прозрачность). Вода должна быть бесцветной, прозрачной, без запаха, с приятным вкусом. На органолептические свойства воды влияют различные химические вещества (железо, сульфаты, хлориды и т.д.), входящие в ее состав.

Физико-химические показатели.

Важное значение для нормального протекания технологических процессов имеет показатель жесткости воды, которая обусловлена содержанием в ней солей кальция и магния. Жесткость выражается в ммоль Ca^{2+} или Mg^{2+} , содержащихся в 1 дм³ воды. Различают жесткость общую, временную, постоянную.

Общая жесткость характеризуется суммарным содержанием ионов кальция и магния. Она равна сумме временной и постоянной жесткости.

Временная (карбонатная, устранимая) жесткость обусловлена наличием в воде гидрокарбонатов кальция и магния. Эта жесткость исчезает при кипячении. Гидрокарбонаты превращаются в карбонаты, выпадающие в осадок.



Постоянная (некарбонатная, неустраиваемая) жесткость характеризуется присутствием в воде преимущественно сульфатов, хлоридов, нитратов и других солей кальция и магния, кроме гидрокарбонатов. При кипячении не выпадают в осадок.

По жесткости вода классифицируется следующим образом:

очень мягкая – до 1,5 ммоль/дм³;

мягкая – 1,5-3,0 ммоль/дм³;

средней жесткости - 3,0-6,0 ммоль/дм³;

жесткая - 6,0-10,0 ммоль/дм³;

очень жесткая - более 10,0 ммоль/дм³.

Жесткая вода не пригодна для ряда производств и использования в котельных, поэтому такую воду умягчают.

Щелочность – характеризует способность воды связывать кислоты и выражается числом ммоль/дм³ ионов OH^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , реагирующих с сильными кислотами.

Окисляемость воды – количество окислителя (или O_2), который расходуется на окисление содержащихся в воде примесей. По этому показателю судят о загрязненности воды органическими примесями. Окисляемость питьевой воды должна быть не более 3 мг O_2 /дм³ (или не более 12 мг KMnO_4 /дм³).

Суммарным показателем качества воды является содержание сухого остатка растворенных веществ, не превышающее 1000 мг/дм³.

Реакция воды. рН должен лежать в пределах 6,5 – 9,0.

Содержание других химических веществ в воде производственного назначения должно быть следующее (не более):

железо – 0,3 мг/ дм³; марганец – 0,1 мг/ дм³;

медь – 1,0 мг/ дм³; мышьяк – 0,05 мг/ дм³;

цинк – 5,0 мг/ дм³; свинец – 0,1 мг/ дм³;

хлориды – 25 мг/ дм³; сульфаты – 200 мг/ дм³.

Кроме этого, в воде должны отсутствовать аммиак и сероводород, которые указывают на загрязнение ее гниющими отбросами

Бактериологические показатели характеризуют безвредность воды и

оцениваются общим числом микроорганизмов и числом бактерий группы кишечной палочки. Общее число микроорганизмов в 1 см³ воды не должно превышать 100.

Наличие в воде бактерий группы кишечной палочки свидетельствует о фекальном загрязнении. Этот показатель характеризуется коли-индексом и коли-титром.

Коли-индекс – количество бактерий группы кишечной палочки, содержащихся в 1 дм³ (для питьевой воды не должен превышать 3).

Коли-титр – наименьший объем воды, в котором допускается содержание одной кишечной палочки (не менее 300 см³).

Материальное обеспечение: коническая колба, мерный цилиндр, вода питьевая, индикатор метиловый оранжевый, 0,1 н. раствор соляной кислоты, бюретка, аммонийный буферный раствор (NH₄OH+NH₄Cl), микрошпатель, индикатор эриохром черного, 0,01 н. раствор трилона Б

Выполнение работы

1. Определение временной жесткости воды

Содержащиеся в воде гидрокарбонаты кальция и магния вызывают щелочную реакцию. Поэтому определение карбонатной жесткости воды производят непосредственным ее титрованием соляной кислотой в присутствии индикатора – метилового оранжевого.

Для анализа в коническую колбу отмерить с помощью мерного цилиндра 100 мл исследуемой воды. Добавить 2 – 3 капли индикатора метилового оранжевого.

В приготовленную заранее бюретку налить 0,1 н. раствор соляной кислоты. Установить уровень на нулевое деление и по каплям вливать в воду соляную кислоту до изменения окраски раствора от желтой до оранжево-розовой. Определить объем израсходованной на титрование кислоты.

Титрование повторить дважды, каждый раз доливая в бюретку кислоту до нулевого деления. Результаты титрования записать в таблицу 1.

Таблица 1 Результаты исследования

№ титрования	Объем H ₂ O <i>V</i> _{H₂O} , мл	Объем раствора HCl <i>V</i> _{HCl} , мл	Средний объем раствора HCl <i>V</i> _{сред.HCl} , мл	Нормальность раствора HCl <i>C</i> _{н.HCl} , моль/л
1	100			
2	100			
3	100			

Рассчитать временную жесткость воды (*Ж*_{врем} в мэкв/л) по формуле

$$Ж_{врем} = \frac{C_{н.HCl} \cdot V_{сред.HCl}}{V_{H_2O}} 1000.$$

2. Определение общей жесткости воды трилонометрическим методом

Метод основан на комплексонометрическом титровании исследуемой воды с применением реактива трилона Б (натриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты) при наличии индикатора эриохрома черного Т.

В присутствии ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} при $\text{pH} = 7-11$ индикатор за счет образования комплексов с этими ионами приобретает характерный лилово-красный цвет.

При добавлении трилона Б эти комплексы распадаются и ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} связываются в бесцветный более прочный комплекс с трилоном Б, а раствор приобретает бледно-синюю окраску индикатора.

Изменение окраски происходит в тот момент, когда израсходуются все ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} . При этом количество вступившего в реакцию трилона Б эквивалентно количеству ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} .

Для анализа в коническую колбу отмерить 50 мл исследуемой воды и добавить 5 мл аммонийного буферного раствора ($\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$) и микрошпатель индикатора эриохрома черного.

Затем 0,01 н. раствором трилона Б оттитровать пробу воды до перехода лилово-красной окраски в синюю. Титрование повторить дважды. Результаты титрования записать в таблицу 2.

Таблица 2 Результаты титрования

№ титрования	Объем H_2O $V_{\text{H}_2\text{O}}$, мл	Объем раствора трилона Б, $V_{\text{трилона Б}}$, мл	Средний объем раствора трилона Б $V_{\text{сред. трилона Б}}$, мл	Нормальность раствора трилона Б $C_{\text{н. трилона Б}}$, моль/л
1	50			
2	50			
3	50			

Записать закон эквивалентов. Рассчитать общую жесткость воды ($J_{\text{общ}}$ в мэкв/л) по формуле

$$J_{\text{общ}} = \frac{C_{\text{н. трилона Б}} \cdot V_{\text{сред. трилона Б}}}{V_{\text{H}_2\text{O}}} 1000.$$

По таблице 3 определить, к какой группе относится анализируемая вода.

Рассчитать постоянную жесткость воды ($J_{\text{пост}}$ в мэкв/л), зная ее общую и временную жесткость

$$J_{\text{пост}} = J_{\text{общ}} - J_{\text{врем.}}$$

Таблица 3 Результаты опыта

Величина общей жесткости мэкв/л	Группа воды
До 2	Мягкая
2–6	Средней жесткости
6–10	Жесткая
Более 10	Очень жесткая

Содержание, форма и правила оформления отчета о выполненной работе

Отчет по лабораторной работе оформляется в тетради и содержит: название, цель работы; описание хода и методов работы; результаты собственных исследований; выводы по работе.

Контрольные вопросы и защита работы

1 Что называют жесткостью воды?

2 Как классифицируют виды жесткости воды?

- 3 Единицы измерения жесткости воды.
- 4 Как определяют общую жесткость воды?
- 5 На какой реакции основан метод комплексонометрического титрования?
- 6 На изменение какой характеристики раствора реагируют металлоиндикаторы?
- 7 Как определяют карбонатную жесткость воды?
- 8 Какие ионы в воде обуславливают карбонатную жесткость воды?
- 9 Какие ионы в воде обуславливают некарбонатную жесткость воды?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВИНОГРАДА

Цель работы: исследование физико-химических свойств винограда.

Теоретическое обоснование

Виноград в зависимости от направления и целей его использования должен быть собран при различной степени зрелости, так называемой технической зрелости. Время сбора устанавливается анализом химического состава винограда. При этом определяют количество накопленных в соке ягод его главных составных частей - сахара и кислот. По мере созревания урожая у всех сортов винограда содержание сахаров в ягодах непрерывно повышается, а содержание кислот снижается. И только в момент полной зрелости химический состав сока ягод на некоторое время остается неизменным. В дальнейшем увеличение сахаристости происходит за счет испарения воды, снижения кислотности - за счет дыхания.

Периодические (в динамике) анализы химического состава сока винограда в процессе созревания позволяют точно установить время сбора винограда в зависимости от цели его использования.

Содержание сахаров в сусле определяют денсиметрическим или рефрактометрическими методами. Полученные данные сахаристости сравниваются с показателями таблицы 2 для того, чтобы оценить уровень содержания в нем сахаров.

Материальное обеспечение: осветленный виноградный сок, ареометры, градуированные от 1,000 до 1,080 и от 1,080 до 1,160; цилиндр объемом 250 см³; термометр со шкалой от 0 до 50 °С с ценой деления 0,2 °С, лабораторный рефрактометр со шкалой, градуированной в массовых процентах сухих веществ по сахарозе, класс точности 0,2, или автоматический рефрактометр класса точности 0,5, например типа ЕДР-1а, сахароза, мерные колбы, дистиллированная вода, 20 %-го раствор соляной кислоты, водяная баня, бюретка, растворы Фелинга № 1 и № 2, метиленовый голубой, бромтимоловый синий, 0,1 н. раствор гидроксида натрия, буферный раствор, 1 %-го раствор фенолфталеина, рН-метр, лавсановые фильтры.

Выполнение работы

1. Сахаристость виноградного сока

Содержание сахаров в сусле определяют денсиметрическим или рефрактометрическими методами.

Денсиметрический метод

Метод основан на пропорциональной зависимости между плотностью сусла и содержанием в нем твердых веществ в растворенном виде.

Около 200 см³ осветленного сока наливают в цилиндр, предварительно ополоснутый этим же соком, и устанавливают его на строго горизонтальной плоскости. Измеряют температуру сусла и опускают в него ареометр, шкала которого подбирается таким образом, чтобы нижняя его часть после погружения находилась на расстоянии не менее 1 см от дна цилиндра. Ареометр не должен касаться стенок цилиндра. Отсчет показаний снимают по верхнему мениску для окрашенного сусла и по нижнему – для белого. Температура сусла должна находиться в пределах 20 ± 3 °С. Если она равна 20 °С, то плотность сусла будет

точно соответствовать содержанию сахаров, указанному в табл. 7.1; в противном случае необходимо в показания ареометра внести поправку, которая составляет 0,0002 на каждый градус. Если температура сусла ниже 20 °С, поправку вычитают, если выше – прибавляют.

Пример. Плотность сусла 1,085. Температура сусла 17 °С. Поправка составит $0,0002 \cdot 3 = 0,0006$, а окончательная плотность $1,085 - 0,0006 = 1,0844$, что соответствует 19,6 г на 100 см³ сусла (таблица 1).

Таблица 1 Зависимость содержания сахаров в сусле от его плотности (для ареометров, градуированных при d_{4}^{20})

Показания ареометра	Содержание сахаров, г на 100 см ³	Показания ареометра	Содержание сахаров, г на 100 см ³
1,034	6,3	1,087	20,4
1,035	6,6	1,088	20,7
1,036	6,9	1,089	21,0
1,037	7,2	1,090	21,2
1,038	7,4	1,091	21,5
1,039	7,6	1,092	21,8
1,040	8,0	1,093	22,0
1,041	8,2	1,094	22,3
1,042	8,4	1,095	22,6
1,043	8,7	1,096	22,8
1,044	9,0	1,097	23,1
1,045	9,2	1,098	23,4
1,046	9,5	1,099	23,6
1,047	9,8	1,100	23,9
1,048	10,0	1,101	24,2
1,049	10,3	1,102	24,4
1,050	10,6	1,103	24,7
1,051	10,8	1,104	25,0
1,052	11,1	1,105	25,2
1,053	11,4	1,106	25,5
1,054	11,6	1,107	25,8
1,055	11,9	1,108	26,0
1,056	12,2	1,109	26,3
1,057	12,4	1,110	26,6
1,058	12,7	1,111	26,9
1,059	13,0	1,112	27,1
1,060	13,2	1,113	27,4
1,061	13,5	1,114	27,6
1,062	13,8	1,115	27,9
1,063	14,0	1,116	28,2
1,064	14,3	1,117	28,4
1,065	14,6	1,118	28,8
1,066	14,8	1,119	29,0
1,067	15,1	1,120	29,3
1,068	15,4	1,121	29,6
1,069	15,6	1,122	29,8
1,070	15,9	1,123	30,1
1,071	16,2	1,124	30,3
1,072	16,4	1,125	30,6
1,073	16,7	1,126	30,9
1,074	17,0	1,127	31,1
1,075	17,2	1,128	31,4
1,076	17,5	1,129	31,6

1,077	17,8	1,130	31,9
1,078	18,0	1,131	32,3
1,079	18,3	1,132	32,5
1,080	18,6	1,133	32,7
1,081	18,8	1,134	33,0
1,082	19,1	1,135	33,3
1,083	19,4	1,136	33,5
1,084	19,6	1,137	33,8
1,085	19,9	1,138	34,0
1,086	20,2	–	–

Рефрактометрический метод

Метод основан на пропорциональной зависимости между показателем преломления сусла и содержанием в нем твердых веществ в растворенном виде.

Перед измерением, пропуская через прибор воду, устанавливают температуру в камерах призм рефрактометра 20 °С. Затем проверяют нулевую точку прибора по дистиллированной воде. Для этого поднимают верхнюю призму и наносят на поверхность нижней призмы с помощью пипетки 3 – 4 капли дистиллированной воды. Устанавливают окуляр так, чтобы ясно была видна шкала и визирная линия, расположенная в окулярной части зрительной трубы. Рукоятку окуляра вращают до совпадения визирной линии с линией раздела светлой и темной частей поля. При правильной установке прибора на нуль линия раздела света и тени при температуре 20 °С должна соответствовать нулевому делению шкалы процентов сухих веществ и значению коэффициента преломления воды, равному 1,333.

После проверки прибора на сухую поверхность измерительной призмы наносят 2 – 3 капли исследуемого сока, закрывают камеру и проводят замер. На шкале показаний процентов сухих веществ по положению линии раздела определяют результат отсчета и концентрацию сахаров в сусле с помощью таблица 2.

Таблица 2 Определение концентрации сахаров в виноградном сусле

Сухие вещества, % мас	Концентрация сахаров, г на 100 см ³	Сухие вещества, % мас	Концентрация сахаров, г на 100 см ³
10,0	8,2	16,6	15,4
10,2	8,4	16,8	15,6
10,4	8,6	17,0	15,8
10,6	8,8	17,2	16,0
10,8	9,0	17,4	16,2
11,0	9,2	17,6	16,5
11,2	9,5	17,8	16,7
11,4	9,7	18,0	16,9
11,6	9,9	18,2	17,1
11,8	10,1	18,4	17,3
12,0	10,3	18,6	17,6
12,2	10,5	18,8	17,8
12,4	10,7	19,0	18,0
12,6	10,9	19,2	18,2
12,8	11,1	19,4	18,4
13,0	11,4	19,6	18,6
13,2	11,6	19,8	18,8
13,4	11,8	20,0	19,1

13,6	12,0	20,2	19,4
13,8	12,2	20,4	19,6
14,0	12,4	20,6	19,8
14,2	12,7	20,8	20,0
14,4	13,0	21,0	20,3
14,6	13,2	21,2	20,5
14,8	13,4	21,4	20,7
15,0	13,6	21,6	21,0
15,2	13,8	21,8	21,3
15,4	14,0	22,0	21,5
15,6	14,2	22,2	21,7
15,8	14,4	22,4	22,0
16,0	14,6	22,6	22,2
16,2	14,9	22,8	22,5
16,4	15,1	23,0	22,7
23,2	22,9	26,4	26,5
23,4	23,1	26,6	26,8
23,6	23,3	26,8	27,0
23,8	23,6	27,0	27,2
24,0	23,8	27,2	27,4
24,2	24,0	27,4	27,6
24,4	24,3	27,6	27,8
24,6	24,5	27,8	28,1
24,8	24,7	28,0	28,4
25,0	24,9	28,2	28,7
25,2	25,1	28,4	29,0
25,4	25,3	28,6	29,3
25,6	25,5	28,8	29,5
25,8	25,8	29,0	29,7
26,0	26,1	29,2	30,0
26,2	26,3	—	—

Точность показаний рефрактометра проверяют, сравнивая результаты определения сахаристости одной и той же пробы сока с результатами химического метода прямого титрования. Расхождения между указанными методами не должны превышать 0,5 г на 100 см³.

Определение сахаров методом прямого титрования (метод Лейне и Эйона)

Метод основан на титровании установленного объема окислителя – раствора Фелинга известной концентрации (с определенным титром по сахару) – раствором, содержащим неизвестное количество сахара, до полного восстановления окисной меди в закисную. По количеству раствора, содержащего сахар и пошедшего на восстановление меди, вычисляют количество инвертного сахара в исследуемой жидкости.

Приготовление стандартного раствора инвертного сахара

Химически чистую сахарозу измельчают в сахарную пудру, переносят в бюкс и ставят в эксикатор над хлористым кальцием на 2 – 3 сут. Из высушенной сахарной пудры берут около 0,3 г навески, взвешенной на аналитических весах с точностью до 2 мг, и количественно переносят в мерную колбу емкостью 100 см³, употребляя для этого дистиллированную воду – не более половины емкости взятой колбы. После полного растворения сахарозы прибавляют 5 см³ 20 %-го раствора соляной кислоты и производят инверсию: переносят колбу в водяную баню, предварительно нагретую до 80 – 85 °С, затем быстро (за 2 – 3 мин) доводят температуру среды в

колбе до 67 °С, измеряя ее термометром, опущенным внутрь, и поддерживают температуру до 20 °С. Вынимают термометр и обмывают его дистиллированной водой.

Полученным стандартным раствором инвертного сахара устанавливают титр рабочего раствора, применяя фелингову жидкость.

Установление титра фелинговой жидкости

Стандартным раствором заполняют бюретку, а в коническую колбу вносят по 5 см³ точно отмеренного раствора Фелинга № 1 и № 2. К раствору Фелинга из бюретки доливают 20 см³ стандартного раствора инвертного сахара. Смесь взбалтывают, доводят до кипения и кипятят в течение 2 мин, после чего добавляют 2 – 3 капли раствора метиленового голубого и по каплям из бюретки вливают стандартный раствор инвертного сахара до обесцвечивания синей окраски жидкости (при этом осадок становится красным с оранжевым оттенком).

После совпадения результатов трех определений записывают объем раствора, пошедшего на титрование.

Титр рабочего раствора Фелинга в граммах инвертного сахара (Г) вычисляют по формуле

$$Г = (У \cdot g \cdot 1,0526) / 100, \quad . \quad .$$

где У – количество стандартного раствора инвертного сахара, пошедшего на титрование рабочего раствора Фелинга, см³; g – навеска сахарозы, г; 1,0526 – коэффициент пересчета на инвертный сахар (1г сахарозы при инверсии выделяет 1,0526 г инвертного сахара); 100 – объем мерной колбы, в которой растворялась сахароза, см³.

В том случае, когда содержание сахара определяют в пересчете на сахарозу, коэффициент 1,0526 из формулы следует изъять.

Определение инвертного сахара

В коническую колбу емкостью 50 или 100 см³ отмеряют по 5 см³ растворов Фелинга № 1 и № 2 и доводят до кипения. Из бюретки постепенно, не прекращая кипения, вливают в колбу исследуемый раствор до тех пор, пока синий цвет кипящей смеси не исчезнет полностью. После этого прибавляют 2 – 3 капли 1 %-го раствора метиленового голубого и, не прекращая кипения, продолжают доливать исследуемый раствор по каплям, пока синий цвет смеси не перейдет в красный или оранжевый. Продолжительность кипения жидкости в колбе в течение всего титрования не должна превышать 3 мин.

Первое титрование является ориентировочным. При повторном титровании до нагревания в колбу к смеси растворов Фелинга № 1 и

№ 2 прибавляют исследуемый раствор в количестве на 0,5 см³ меньшем, чем пошло на первое титрование. Смесь в колбе кипятят в течении 2 мин; не прекращая кипения, добавляют 2–3 капли раствора метиленового голубого. Затем доливают из бюретки по 2–3 капли исследуемого раствора до тех пор, пока синяя окраска не исчезнет и смесь не станет красного или оранжевого цвета.

Расчет. Содержание инвертного сахара (%) X вычисляют по следующей формуле:

$$X = (Г \cdot 100 \cdot A) / У,$$

где Г – титр смеси растворов Фелинга № 1 и № 2; А – фактор разведения испытуемого раствора; У – количество исследуемого раствора, пошедшее на

титрование, мл.

2. Титруемая кислотность виноградного сока

Метод 1

Определение титруемой кислотности основано на прямом титровании отмеренного объема сусла титрованным раствором щелочи до нейтральной реакции, устанавливаемой при помощи индикатора.

В коническую колбу отбирают 10 см³ сока, сусла или вина, добавляют 25 см³ воды и нагревают до начала кипения, чтобы удалить углекислый газ. К пробе добавляют 1 см³ индикатора бромтимолового синего и титруют 0,1 н. раствором гидроксида натрия до появления зелено-синей окраски, после чего сразу вливают 5 см³ буферного раствора. Полученный раствор служит для сравнения. Затем в другую коническую колбу отмеряют 10 см³ сусла (или вина), 30 см³ воды, нагревают до кипения, добавляют 1 см³ индикатора и титруют 0,1 н. раствором гидроксида натрия до появления окраски, идентичной окраске раствора сравнения. При титровании небродящих соков и сусел нагрев необязателен. Раствор сравнения служит для серии определений кислотности соков, сусел или вин, близких по окраске.

Титруемую кислотность выражают в миллиграмм-эквивалентах (мг-экв) на 1 дм³ или в граммах на 1 дм³ в пересчете на винную, сульфатную, а в случае плодово-ягодных соков, сусел или вин – на яблочную кислоту, пользуясь формулой

$$T = K a (1000/v),$$

где T – титруемая кислотность, мг-экв/дм³; a – количество 0,1 н. раствора гидроксида натрия (или гидроксида калия), израсходованного на титрование, см³; v – объем пробы, см³; 1000 – множитель для пересчета на 1 дм³.

Величина K выражает количество миллиграмм-эквивалентов или граммов кислоты, соответствующее 1 см³ раствора гидроксида натрия или гидроксида калия. Для 1 см³ 0,1 н. раствора K равно 0,1 мг-экв, или 0,0075 г винной, 0,0067 яблочной и 0,0049 г сульфатной кислот. Подставляя эти величины в формулу и допуская, что $v = 10$ см³, после соответствующих сокращений получаем

для винной кислоты (в.к): $T_{в.к} = 0,75a$ г/дм³;

для яблочной кислоты (я.к) $T_{я.к} = 0,67a$ г/дм³;

для сульфатной кислоты (с.к) $T_{H_2SO_4} = 0,49a$ г/дм³.

В России титруемую кислотность виноградных соков, сусел и вин принято выражать в граммах винной кислоты на 1 дм³, а плодово-ягодных – яблочной.

Результаты параллельных определений выражают с точностью до 0,01, а окончательный результат округляют до 0,1.

Метод 2

В коническую колбу емкостью 250–300 см³ наливают 100 см³ дистиллированной воды, доливают 1 см³ 1 %-го раствора фенолфталеина и 5 см³ исследуемого сока, сусла или вина. Нагревают до начала кипения и титруют 0,1 н. раствором едкого натрия или калия до появления слабо-розового окрашивания. В красных соках окраска сока при титровании вначале изменяется в грязно-бурую, затем снова появляется розовая окраска уже в результате изменения цвета индикатора. Титруемую кислотность виноградных соков и вин (X) выражают в граммах винной кислоты на 1000 см³ вина и вычисляют по формуле

$$X = (a \cdot 0,0075 \cdot 1000) / 5,$$

где a – количество 0,1 н. раствора едкого натрия, израсходованного на титрование кислот в 5 см³ сока или вина, в см³; 0,0075 (для плодового вина 0,0067) – количество винной кислоты, эквивалентное 1 см³ 0,1 н. раствора едкого натрия, г; 1000 – коэффициент пересчета на 1000 см³ вина; 5 – количество вина, взятое для титрования, см³.

В сильноокрашенных красных соках титруемую кислотность определяют после предварительного разбавления сока дистиллированной водой. В мерную колбу емкостью 100 см³ вносят 10 см³ сока, доливают до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают. В коническую колбу наливают 20 см³ разбавленного сока, вливают 100 см³ дистиллированной воды, предварительно нагретой до кипения, добавляют 1 см³ 1 %-го раствора фенолфталеина и титруют 0,1 н. раствором едкого натрия или калия до слабо-розового окрашивания. Титруемую кислотность вина (X) вычисляют по формуле

$$X = (a \cdot 0,0075 \cdot 100 \cdot 1000) / (10 \cdot 20), \text{ или } X = a \cdot 3,75$$

где a – количество 0,1 н. раствора едкого натрия, израсходованного при титровании разбавленного вина, см³.

3. Водородный показатель (рН)

Реакцию сусли, как и любого водного раствора, можно охарактеризовать количественно по величине концентрации ионов водорода, обозначаемой Н⁺. Вместо концентрации Н⁺ удобно пользоваться отрицательным логарифмом этой величины, называемым водородным показателем и обозначаемым рН. Таким образом, $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$. В кислых растворах $\text{pH} < 7$, в щелочных $\text{pH} > 7$, в нейтральных $\text{pH} = 7$. Кислотность раствора растет с уменьшением рН. По величине рН определяют оптимальные дозы сульфитации сусли: при рН 3,3 достаточно 50–75 мг/л, при рН 3,5 – 3,8 – до 100 мг/л. Сусли с $\text{pH} > 3,8$ нуждаются в обработке винной кислотой или в купажировании с высококислотными суслими.

Для определения рН используется потенциометрический метод, основанный на преобразовании электродвижущей силы (э.д.с.) электродной системы, состоящей из измерительного (ЭИС) и вспомогательного (ЭВЛ) электродов, в постоянный ток, сила которого пропорциональна измеряемой величине. Преобразование э.д.с. электродной системы в постоянный ток осуществляется высокоомным преобразователем, основанным на автокомпенсационном принципе действия.

Отобранную в химический стакан вместимостью 50 см³ пробу в объеме не менее 25 см³ помещают на магнитную мешалку, входящую в комплект прибора, для перемешивания образца. Затем в пробу погружают на глубину не менее 1 см измерительный блок, состоящий из двух датчиков и термокомпенсатора. Переключатель рода работ термокомпенсатора должен находиться в положении «авт». Включают кнопку «рН» и кнопку выбора диапазонов «1 – 1,4». По нижней шкале прибора снимают предварительное показание рН. Исходя из полученной величины включают соответствующий диапазон рН (например, для снятой величины рН, равной 2,9, диапазон должен быть «1 – 1,4», для величины 4,5 – диапазон «4 – 9»). Отсчет точной величины рН проводят по соответствующей шкале прибора не менее чем через 3 мин.

По окончании каждого измерения датчики следует ополоснуть

дистиллированной водой и осторожно промокнуть фильтровальной бумагой. По окончании работы с прибором электроды должны оставаться погруженными в воду или 0,1 М раствор соляной кислоты.

4. Определение выхода сока

Выход сока характеризует сокоотдачу сырья, т. е. то количество жидкой фазы, которое может быть отделено при прессовании. Чем выше сокоотдача, тем более рентабельным будет производство вина. Однако следует учитывать, что при высоком выходе сока остается принципиально важным его качество (наличие взвесей и т. п.).

На весах взвешивают стеклянный стакан с точностью до одного грамма. В него отмеряют навеску используемого сырья массой 250–700 г. Фиксируют суммарную массу. Сырье подвергают измельчению. Виноград и подобное ему мягкое сырье измельчают вручную или с помощью валковой дробилки. В случае плотного сырья (например, яблоки) его измельчают с помощью соковыжимальной машины.

Измельченное сырье помещают в капроновую ткань, плотно фиксируют его в ней и производят отжим сока в стеклянный стакан, в котором находилась навеска сырья.

Стакан с соком взвешивают, выход сока рассчитывают по формуле

$$X = (M_3 - M_2)100 / (M_1 - M_2),$$

где M_1 – масса сырья со стаканом, г; M_2 – масса стакана, г; M_3 – масса стакана с соком, г; 100 – перевод относительного показателя в проценты.

1. Органолептическая оценка

При исследовании сырья выявляется его сенсорная пригодность для осуществления дальнейшего технологического процесса.

В оценку входят следующие показатели: внешний вид – степень прозрачности, наличие взвесей; аромат – типичность аромата для той или иной культуры и сорта, наличие посторонних запахов; цвет – окраска образца, степень ее интенсивности; вкус – типичность вкуса для той или иной культуры и сорта, наличие посторонних привкусов. Сбалансированность по сахаристости и кислотности.

Содержание, форма и правила оформления отчета о выполненной работе

Отчет по лабораторной работе оформляется в тетради и содержит: название, цель работы; описание хода и методов работы; результаты собственных исследований; выводы по работе.

Контрольные вопросы и защита работы

1. Принципы и методы определения содержания сахаров в сусле.
2. Определение направления использования винограда в зависимости от его сахаристости.
3. Единицы измерения титруемой кислотности.
4. Метод определения титруемой кислотности.
5. Что такое титруемая кислотность?
6. Чему равны коэффициенты кислотности для виноградных и плодово-ягодных вин?
7. Основная расчетная формула титруемой кислотности.

8. Определение направление зависимости от кислотности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ СУСЛА И БРОЖЕНИЯ ВИНА

Цель работы: исследование процессов получения сусла и брожения вина

Теоретическое обоснование

Виноградное сусло и его состав

Сусло, полученное из зрелого винограда сразу после отжима, представляет собой жидкость с кислой реакцией. В ее состав входит целый ряд веществ, таких как сахара, находящиеся в растворенном состоянии, а также вещества в виде водяной суспензии или в состоянии коллоидной дисперсии. В дисперсии обнаруживаются белки, танины, ароматические или пектиновые вещества, энзимы и фосфаты железа, алюминия и кальция. Удельный вес сусла, естественно, окажется выше единицы. Он возрастает пропорционально содержанию сахара и обычно колеблется в пределах 1,05–1,08, но может быть несколько выше. Сусло состоит главным образом из воды (от 70 до 87 %) и целого комплекса растворенных и нелетучих при 100 °С веществ, образующих экстракт. В его состав, в свою очередь, входят преимущественно сахара, полифенолы, пектины, азотные соединения, кислоты и минеральные вещества. Немаловажное значение имеют и так называемые вторичные компоненты сусла (получаемые при механическом отжиме ягод и гребней), которые можно свести к четырем категориям: 1) микроорганизмы, участвующие при спиртовом брожении (со своими биорегуляторами); 2) свойственные суслу ферменты, т. е. катализаторы химических реакций, происходящих в сусле; 3) микроэлементы (в небольших количествах), в частности медь, цинк, железо, марганец, бор, кремний, фтор, бром и др.; 4) витамины (А, группа витаминов В, С). Таким образом, основными и вторичными компонентами виноградного сусла являются следующие.

Углеводы В сусле присутствуют в разных и переменных количествах глюкоза и фруктоза. Эти два моносахарида называют сахарами-восстановителями. При их брожении образуется этиловый спирт.

Фенольные соединения (полифенолы) Виноград-растение и виноград-ягода, как, впрочем, и другие органические ткани растительного происхождения, содержат целый ряд фенольных веществ. В том числе всевозможные (красные, синие, желтые) пигменты (антоцианы и флавоны) и танины. С точки зрения виноделия эти вещества представляют особый интерес с учетом той роли, которую они играют в устойчивости, стабильности вин и их консервации, а также их влияния на особенности красных вин, их цвет, запах и вкус. Антоцианы, название которых состоит из слов «антос» (цветок) и «цианос» (синий, голубой), образуют особое семейство флавоноидов, которые особенно широко представлены в пигментах цветов. Они начинают проявляться в момент утраты ягодами зеленой окраски и достигают своего максимума при достижении виноградом полной зрелости. Даже в одном сорте винограда уровень антоцианов может изменяться от года к году, чем и объясняется тот факт, что красные вина разных урожаев могут иметь цвет разной интенсивности. Одно время считалось, что танин является веществом, способным превращать свежеснятые шкуры животных в неподдающуюся гниению кожу. Под таннинами мы понимаем

фенольные соединения с молекулярным весом от 500 до 3 000 единиц, которые, помимо классических фенольных свойств, могут вызывать выпадение в осадок желатина и других белковых веществ. Свойства танинов зависят от природы элементарных молекул, входящих в их состав, от тех связей, которые устанавливаются между ними, и, главным образом, от величины их молекулярного веса. Наиболее тесно с их молекулярным весом связаны именно дубильные, т. е. вяжущие, свойства.

Пектиновые вещества В 1 кг винограда количество пектина колеблется от 0,2 до 4,5 г. Чем богаче пектином виноград, тем менее он содержит сахаров. В процессе созревания ягод количество пектина увеличивается, а при брожении, наоборот, уменьшается. У пектина в сусле не выявляется никаких других сопровождающих смолистых веществ, поэтому смолистые компоненты в вине являются вторичными продуктами переработки. Пектины из-за своей высокой вязкости препятствуют быстрой фильтрации, а благодаря коллоидной структуре с отрицательным зарядом в жидкости они легко переходят в дисперсное состояние, придавая мутноватый оттенок.

Азотистые соединения Азот в сусле содержится в основном в двух формах – аммиачной и органической. Значение азотных соединений в процессе брожения чрезвычайно велико. Благодаря им происходит формообразование, т. е. он создает структуру дрожжевой клетки. Азот аммиачный быстро исчезает в течение первых двух дней одновременно с развитием дрожжевых культур. Количество аминокислотного азота начинает сокращаться только на второй, третий и четвертый день, особенно если температура превышает 25 °С. К шестому дню в сусле остается минимальное содержание органического азота, после чего его количество вновь увеличивается при автолизе дрожжей.

Органические кислоты и их соли Органические кислоты, присутствующие в сусле, вместе составляют общую кислотность, выраженную в граммах винной кислоты на 1 л. Среди них выделяются винная, яблочная, лимонная, гликолевая, глиоксиловая и щавелевая кислоты. Янтарная кислота, которая содержится в вине, в сусле практически отсутствует. В период роста плодов кислоты накапливаются в большом количестве, но при их созревании начинают убывать с того момента, когда ягоды перестают активно функционировать. Их физиологическая функция связана с осмотическим явлением и набуханием клеток. Кроме того, кислоты облегчают диффузию, т. е. распространение целого ряда веществ по всему растению, и обеспечивают ему жизнестойкость. Винная (тартаровая) кислота наиболее типична для винограда. В старину ее так и называли «виноградная кислота». Эта кислота присутствует во всех частях растения. Среди наиболее важных солей винной кислоты – кислая соль калия, которая также имеет названия вино-кислый калий и кислый тартрат калия. Яблочная кислота широко распространена в растительном мире, даже шире, чем винная кислота. В виноградной лозе она встречается, помимо ягод, в листьях и зеленых гребнях, но в особой форме. Она присутствует во всем биологическом цикле ягоды винограда, хотя и имеет тенденцию к уменьшению в период созревания плодов. Ее кисловатый вкус напоминает вкус винной кислоты, но более приятный. Лимонная кислота осуществляет физиологическую защиту витамина С.

Минеральные вещества и зола Эти две позиции иногда путают друг с другом, но на самом деле они различны. Под минеральными веществами следует понимать сумму катионов (металлов) и неорганических анионов (кислотных остатков), содержащихся в сусле. Другими словами, минеральные вещества – это негорючие соединения, находящиеся в сусле в растворенном виде, которые виноград вбирает из почвы, а зола представляет собой остатки химического сгорания сусла.

Материальное обеспечение: плодово-ягодное сырьё, ёмкости для производится ферментации, сухие дрожжи, термостат, бумажный фильтр, стеклянная палочка, покровное стекло, микроскоп, мерная колба на 250 см³, круглодонная перегонная колба на 500 – 750 см³, холодильник; спиртомер высшего класса точности; цилиндр на 250 см³; термометр с ценой деления 0,2, ареометр.

На чистое предметное стекло стерильной петлей помещают каплю исследуемой жидкости и накрывают покровным стеклом. Камера Горяева

Выполнение работы

1. Приготовление виноградного сусла для брожения без мезги

Техника приготовления

Приобретённый в торговых точках виноград (белый или чёрный) отделяют от гребней и тщательно промывают в проточной холодной воде.

Производят взвешивание сырья для последующего определения выхода сусла.

Виноград измельчают на валковой дробилке или вручную. Если производится ручное измельчение и сокоизвлечение, то виноград небольшими порциями закладывают в капроновую ткань и отжимают.

Полученное тем или иным способом сусло дополнительно фильтруют через капроновую ткань. Производят взвешивание сусла и определение выхода сусла.

2. Приготовление виноградного сусла для брожения на мезге

Приобретённый в торговых точках виноград (исключительно чёрный) отделяют от гребней и тщательно промывают в проточной холодной воде.

Виноград измельчают на валковой дробилке или вручную. Если производят ручное измельчение и сокоизвлечение, то виноград небольшими порциями закладывают в капроновую ткань и отжимают.

Небольшое количество сусла (150 – 200 см³) отбирается для исследования. Оставшееся сусло соединяют с виноградными выжимками и тщательно перемешивают.

3. Приготовление плодово-ягодного сусла

Техника приготовления

Приобретённое в торговых точках плодово-ягодное сырьё обрабатывают как для сусла на мезге, так и без неё. При этом следует учитывать, что для приготовления сусла на мезге подходят ягоды и плоды, содержащие большое количество красящих веществ и имеющие достаточно плотную структуру, например, черноплодная рябина и крыжовник. Для вин, получаемых путём сбраживания без мезги, лучше подходит слабоокрашенное сырьё, например, яблоки, красная смородина.

При способе без выдержки на мезге производят взвешивание сырья для последующего определения выхода сусла.

Сырьё измельчают на валковой дробилке или вручную с помощью бытовых измельчителей. Если производят ручное измельчение и сокоизвлечение, то измельчённое сырьё небольшими порциями закладывают в капроновую ткань и отжимают.

Полученное тем или иным способом сусло дополнительно фильтруют через капроновую ткань. Производят взвешивание сусла и определение выхода сусла.

При настаивании на мезге сырьё измельчают на валковой дробилке или вручную на измельчителях. Если производят ручное измельчение и сокоизвлечение, то виноград небольшими порциями закладывают в капроновую ткань и отжимают.

Небольшое количество сусла (150 – 200 см³) отбирается для исследования. Оставшееся сусло соединяют с плодово-ягодными выжимками и тщательно перемешивают.

4. Внесение в сусло дрожжей и постановка на брожение

Техника исполнения

Ёмкости, где будет производится ферментация, **ТЩАТЕЛЬНОЙШИМ** образом моются и дезинфицируются. Для дезинфекции возможно применение спирта и перекиси водорода с последующим ополаскиванием дистиллированной водой.

В подготовленную тару вносят винные дрожжи:

– 2 г на 100 см³ сусла, если используются прессованные дрожжи;

– 0,5 г на 100 см³ сусла, если используются сухие дрожжи.

Далее ёмкость закрывается ватной пробкой или герметизируется с помощью гидравлического затвора.

Бродильные ёмкости устанавливают в помещение со стабильной температурой 17 – 19°C или термостат.

5. Сбраживание сусла

Во время брожения осуществляют систематический техно-химический и микробиологический контроль бродящих образцов. Для микробиологического контроля отбирают 10 – 20 см³ бродящего вина и никак не обрабатывают.

Для технохимического контроля отбирают 150 – 200 см³ бродящего вина и отфильтровывают его через складчатый бумажный фильтр, а при необходимости избавляются от диоксида углерода путём взбалтывания образцов в плоскодонной колбе.

Прямое микроскопирование дрожжевых клеток

Для определения формы микроорганизмов, их подвижности, физиологического состояния готовят препараты живых микроорганизмов и ведут прижизненное наблюдение.

При опускании покровного стекла на каплю следует прикоснуться ребром его к краю капли и, постепенно наклоняя, опустить. Иногда под стеклом остаются пузырьки воздуха. Если пузырьки воздуха единичные, то они не мешают микроскопированию и ими можно воспользоваться при отыскании мелких микроорганизмов в поле зрения микроскопа. Если пузырьков воздуха много, то препарат следует переделать. Капля должна быть небольшой, чтобы жидкость не

выступала за края покровного стекла. Излишек жидкости, вышедшей из-под покровного стекла, удаляют полосками фильтровальной бумаги.

Полученный образец рассматривают под микроскопом, где микроорганизмы видны в различных плоскостях.

Подсчет процентного количества почкующихся клеток

Техника определения

Для определения количества почкующихся клеток на предметное стекло наносят по одной капле дрожжевой суспензии без твердых включений и дистиллированной воды, закрывают покровным стеклом, излишек жидкости отбирают листком фильтровальной бумаги и микроскопируют. У зрелых дрожжей почкуется более 10% клеток.

Пример: всего в 5 полях зрения обнаружено $33+35+29+32+30=159$ дрожжевых клеток, в том числе почкующихся $4+5+3+5+3=20$. Процентное количество почкующихся клеток составляет $20 \times 100 / 159 = 12,5 (\%)$.

Подсчёт общего количества клеток микроорганизмов

Для определения количества микроорганизмов в 1 мл жидкости производят подсчет их под микроскопом в счетной камере (Тома-Цейса, Горяева, Бюркера или Предтеченского). Счетная камера имеет вид толстого предметного стекла, в центре которого находится стеклянная пластинка с выгравированной на ней сеткой (или 2 сетки на разделенной пополам пластинке); справа и слева от центральной пластинки находятся 2 другие стеклянные пластинки с уровнем на 0,1 мм выше (рисунок 1).

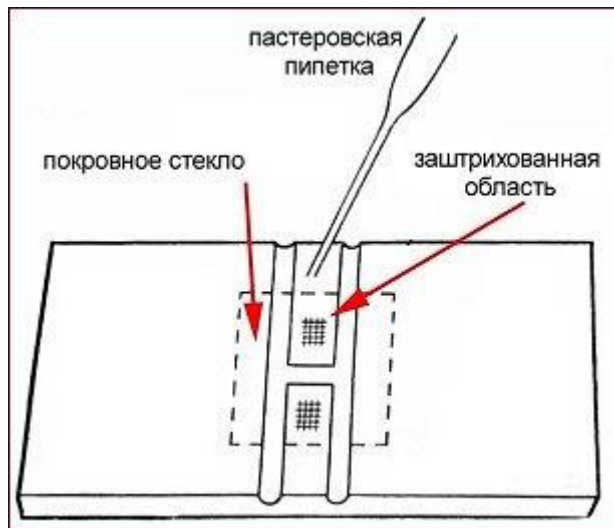


Рисунок 1. Камера Горяева

Техника определения

После тщательного перемешивания исследуемой жидкости берут каплю ее сухой стеклянной палочкой или петлей, наносят на сетку счетной камеры, накрывают покровным стеклом размером 18×18 мм толщиной 0,25—0,35 мм и притирают покровное стекло к боковым пластинкам камеры. Притирают покровное стекло для того, чтобы высота слоя исследуемой жидкости в камере была 0,1 мм. Затем счетную камеру кладут на столик микроскопа и находят в его поле зрения сетку. Легче ее находить под малым увеличением (10×8). Затем, не двигая счетную камеру, делают увеличение в 400 раз (окуляр объектив 40). При таком увеличении в поле зрения микроскопа помещается 1 большой квадрат,

состоящий из 16 маленьких квадратов или не разделенный на маленькие квадраты.

Подсчитывают все клетки микроорганизмов, находящиеся внутри большого квадрата, а также на пограничных линиях, если клетки большей половиной находятся в данном квадрате. Клетки, большая половина которых находится в другом квадрате, не подсчитываются. Если клетки пересекаются пограничной линией пополам, то клетки считают только на двух смежных сторонах квадратов, например, на левой и нижней.

В каждом препарате подсчитывают клетки в пяти больших квадратах, например, по углам и в центре сетки. В слишком густых суспензиях считать микроорганизмы трудно, поэтому их следует разбавлять водой и пользоваться такими разведениями, при которых количество клеток в одном большом квадрате будет не более 30.

Для того чтобы результат подсчета был достоверен, необходимо сосчитать не менее 600 микроорганизмов. Количество препаратов, в которых нужно подсчитать микроорганизмы, будет зависеть от количества клеток в них. Так, если в пяти больших квадратах одного препарата содержится около 150 клеток, то нужно приготовить 4 препарата, чтобы общее количество сосчитанных клеток было около 600 .

Объем одного большого квадрата во всех счетных камерах равен $1/250 \text{ мм}^3$, соответственно объем 5 квадратов равен $5/250$ или $1/50 \text{ мм}^3$.

Чтобы определить количество клеток в 1 см^3 (в 1000 мм^3) исследуемого субстрата, нужно среднюю сумму количества клеток в пяти больших квадратах умножить на 50 000.

Число микроорганизмов в 1 см^3 исследуемого субстрата (X) удобно определять по формуле (1):

$$X = a \times 50000 \times b, \quad (1)$$

где a – средняя сумма количества подсчитанных клеток в пяти больших квадратах; b – разведение исходной суспензии микроорганизмов; 50000 – коэффициент пересчета объема пяти больших квадратов на 1 см^3 .

Дифференцированный подсчет почкующихся, живых и мертвых клеток

Техника определения

На сетку помещают каплю исследуемой дрожжевой суспензии, добавляют каплю водного раствора метиленового синего, перемешивают, накрывают покровным стеклом, притирают его. Через 5 мин после приготовления препарата подсчитывают отдельно количество почкующихся, живых и мертвых клеток. Подсчитывая результаты, следует учитывать разбавление вдвое метиленовым синим.

Определение сахаристости, кислотности и pH бродящего вина
Осуществляется в соответствии с определением сахаристости виноградного сока. Исследуемые образцы необходимо отфильтровать через складчатый бумажный фильтр, а также удалить из них двуокись углерода.

Определение содержания спирта в вине

Метод 1. Определение содержания спирта путём отгона. Метод основан на определении содержания этилового спирта в дистилляте, полученном перегонкой пробы вина.

Приборы

Мерная колба на 250 см³; круглодонная перегонная колба на 500 – 750 см³; холодильник; спиртомер высшего класса точности; цилиндр на 250 см³; термометр с ценой деления 0,2.

Техника определения

250 см³ вина при 20°С из мерной колбы переносят в перегонную. Мерную колбу ополаскивают 2 – 3 раза дистиллированной водой (по 20 см³), сливая промывную воду в перегонную колбу. Вино нейтрализуют 1 н. раствором NaOH по индикаторной бумаге, после чего перегонную колбу соединяют с холодильником. В качестве приемника служит та же мерная колба, которой отмеривали вино. Нижний конец трубки холодильника соединяют с оттянутой капиллярной трубкой. До начала перегонки в приемную колбу наливают 15 – 20 см³ дистиллированной воды, чтобы конец капилляра погрузился в воду, и помещают ее в воду со льдом. Во время перегонки дистилят периодически перемешивают вращением колбы. Когда приемная колба наполнится более чем наполовину, капилляр вынимают из дистилята, ополаскивают 4 – 5 см³ дистиллированной воды и дальнейшую перегонку ведут без водяного затвора. Перегонку прекращают, когда в приемнике соберется около 200 – 225 см³ отгона. Отогнанную жидкость доводят при 20°С водой до метки, энергично перемешивают и переливают в цилиндр, куда опускают спиртометр. Отметив показания спиртометра, определяют температуру отгона. Если измерения проводят не при 20°С, то содержание спирта определяют по табл. 3 с учетом температуры отгона.

Пример: показания спиртометра стеклянного 16,5, температура дистиллята в цилиндре 22°C, содержание спирта по табл. 3 составляет 16,0% об.

Таблица 3 Определение концентрации спирта в водно-спиртовых растворах (в % об.) при 20°С по показаниям стеклянного спиртометра

Температура, °C	Показания спиртометра								
	20,0	19,5	19,0	18,5	18,0	17,5	17,0	16,5	16,0
23	19,0	18,6	18,1	17,6	17,1	16,6	16,2	15,7	15,2
22	19,4	18,9	18,4	17,9	17,4	17,0	16,5	16,0	15,5
21	19,7	19,2	18,7	18,2	17,7	17,2	16,7	16,2	15,7
20	20,0	19,5	19,0	18,5	18,0	17,5	17,0	16,5	16,0
19	20,3	19,8	19,3	18,8	18,3	17,8	17,3	16,8	16,3
18	20,6	20,1	19,6	19,1	18,6	18,1	17,6	17,0	16,5
Температура, °C	Показания спиртометра								
	15,5	15,0	14,5	14,0	13,5	13,0	12,5	12,0	11,5
23	14,7	14,3	13,8	13,3	12,8	12,3	11,8	11,4	10,9
22	15,0	14,5	14,5	13,6	13,1	12,6	12,1	11,6	11,1
21	15,2	14,8	14,3	13,8	13,3	12,8	12,3	11,8	11,3
20	15,5	15,0	14,5	14,0	13,5	13,0	12,5	12,0	11,5
19	15,8	15,2	14,7	14,2	13,7	13,2	12,7	12,2	11,7
18	16,0	15,5	15,0	14,4	13,9	13,4	12,9	12,4	11,9
Температура, °C	Показания спиртометра								

	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0
23	10,4	9,9	9,4	8,9	8,4	8,0	7,5	7,0	6,0
22	10,6	10,1	9,6	9,1	8,6	8,2	7,7	7,2	6,2
21	10,8	10,3	9,8	9,3	8,8	8,3	7,8	7,3	6,3
20	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5	6,5
19	11,2	10,7	10,2	9,7	9,2	8,7	8,2	7,6	6,6
18	11,4	10,9	10,4	9,8	9,3	8,8	8,3	7,8	6,8

Метод 2. Определение в бродящем сусле содержание спирта по разности плотностей сусла до начала брожения (d_1) и в момент брожения (d_2).

В процессе брожения вследствие образования спирта и понижения концентрации сахаров плотность сусла постепенно уменьшается. Степень понижения плотности находится в пропорциональной зависимости от содержания спирта и сахаров, а также от исходной сахаристости бродящего сусла (табл. 4). Сахаристость сусла до начала брожения определяют ареометром. Измеряя плотность бродящего сусла на разных этапах процесса брожения, по таблице 4 определяют содержание сахаров и спирта.

Пример: Плотность исходного сусла 1,083. При брожении определена плотность 1,045. Разница $d_1 - d_2 = 1,083 - 1,045 = 0,038$, что по табл.4. соответствует сахаристости 8,40 г на 100 мл и спиртозности 5,0 % об.

Примечание:

Определение содержания сахаров и спирта по плотности бродящего сусла является приблизительным и не исключает необходимости определения остаточного сахара и спирта перед спиртованием химическим методом.

Таблица 4 Зависимость содержания спирта и выбродивших сахаров по разности плотностей сусла до начала брожения (d_1) и в момент брожения (d_2)

$(d_1 - d_2) \times 100$	Содержание		$(d_1 - d_2) \times 100$	Содержание	
	Спирта, % об.	Сахара, г на 100 см ³ .		Спирта % об.	Сахара, г на 100 см ³ .
1	0,15	0,20	24	3,15	5,30
2	0,25	0,45	25	3,30	5,55
3	0,40	0,65	26	3,40	5,75
4	0,50	0,90	27	3,55	6,00
5	0,65	1,10	28	3,65	6,20
6	0,80	1,35	29	3,80	6,40
7	0,90	1,55	30	3,95	6,65
8	1,05	1,75	31	4,05	6,85
9	1,20	2,00	32	4,20	7,10
10	1,30	2,20	33	4,30	7,30
11	1,45	2,45	34	4,45	7,55
12	1,55	2,65	35	4,60	7,75
13	1,70	2,90	36	4,70	7,95
14	1,85	3,10	37	4,85	8,20
15	1,95	3,30	38	5,00	8,40
16	2,10	3,55	39	5,10	8,65
17	2,25	3,75	40	5,25	8,85
18	2,35	4,00	41	5,35	9,10
19	2,50	4,20	42	5,50	9,30

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

Снятие вина с осадка

После главного брожения вина его снимают с осадка методом декантирования или переливом в подготовленную ёмкость. В «молодом» вине определяют все физико-химические и микробиологические показатели и оставляют для выдержки при температуре 11 – 15°C.

Во время выдержки производят периодическое снятие вина с осадка. Ёмкости, в которых выдерживается вино, должны быть заполнены на 95 – 98%, чтобы избежать контакта с кислородом воздуха.

Содержание, форма и правила оформления отчета о выполненной работе

Отчет по лабораторной работе оформляется в тетради и содержит: название, цель работы; описание хода и методов работы; результаты собственных исследований; выводы по работе.

Контрольные вопросы и защита работы

1. Первый этап стадии образования вина. Приемка винограда, дробление, прессование, подготовка сусла к брожению. Технохимический и микробиологический контроль этих операций.
2. Этапы получения вина. Формирование вина. Какими химическими и биологическими процессами характеризуется вино на этом этапе.
3. Переработка винограда на белые вина. Технологическая характеристика используемого оборудования.
4. Анализ технологических схем приготовления столовых сухих красных вин. Основное технологическое оборудование для их производства.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ГОТОВОГО ВИНА

Цель работы: исследовать физико-химические и органолептические свойства готового вина

Теоретическое обоснование

В готовом вине, полученном лабораторным или промышленным путём измеряют следующие показатели:

- сахаристость;
- кислотность;
- содержание спирта;
- органолептические свойства;
- коллоидную стабильность.

Контроль кислотопонижения сусла и вина

В отдельные годы из-за неблагоприятных климатических и метеорологических условий кислотность винограда значительно отклоняется от установленных пределов. Для создания вин с гармоничным вкусом и повышения их биологической устойчивости в этих условиях необходимо прибегать к технологическим приемам, направленным на понижение содержания в них органических кислот.

Химические способы понижения кислотности основаны на нейтрализации избытка кислот сусла или молодого вина действием солей сильных оснований и призваны осаждать часть органических кислот в виде труднорастворимых солей.

Дозу добавляемого осадителя, необходимую для понижения титруемой кислотности на 1 г/дм³, рассчитывают по величине стехиометрических коэффициентов соответствующих реакций. В зависимости от состава обрабатываемого вина практически необходимая доза всегда несколько отклоняется от теоретически рассчитанной (табл. 5).

Таблица 5 Дозы кислотопонижателей

Вещество – кислотопонижитель	Количество вещества, необходимое для понижения титруемой кислотности на 1 г/дм ³ , г/дм ³			
	По расчету	Практическая доза		
		Для сусла	Для вин	
			столовых	крепленных
Карбонат кальция (мел)	0,67	0,72	0,60	0,70
Карбонат калия (поташ)	0,92	0,80	0,50	0,70
Гидрокарбонат калия (бикарбонат)	1,33	1,0	0,65	0,95

Материальное обеспечение: колбы плоскодонные 250 см³, карбонат кальция (порошкообразный) или карбонат калия (порошкообразный), стеклянные палочки, весы технические, колбы стеклянные 50, 100, 250 см³; пробирки 10 см³; мерные цилиндры 10, 50, 200 см³; баня водяная; спиртовой раствор танина (насыщенный); соляная кислота 10%; хлорид натрия (кристаллический); дистиллированная вода; пероксид водорода 3%.

Выполнение работы

Измеряют кислотность вина и определяют по формуле (1), сколько необходимо добавить реагента, чтобы достичь требуемой кислотности:

$$M_{\text{реаг}} = V_{\text{вина}}(K_{\text{нач}} - K_{\text{обр}})D_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где $M_{\text{реаг}}$ – необходимая масса реагента, г; $V_{\text{вина}}$ – объём обрабатываемого образца, дм³;

$K_{\text{обр}}$ – желаемая кислотность обработанного образца, г/дм³; $K_{\text{нач}}$ – начальная кислотность образца, г/дм³;

$D_{\text{пр}}$ – практическая дозировка реагента, г/дм³ (таблице 3).

Рассчитанное количество кислотопонижателя вносят небольшими порциями при непрерывном перемешивании, избегая местного перещелачивания. Примерно через 40 мин вино снимают с осадка.

Производят замер кислотности образца и сравнивают теоретические данные с практическими по формуле (2).

$$T = (K_{\text{обр.п}}/K_{\text{обр.т}})100,$$

где $K_{\text{обр.п}}$ – практическая кислотность обработанного образца, г/дм³;

$K_{\text{обр.т}}$ – желаемая кислотность обработанного образца, г/дм³; 100 – перевод величины в процентное выражение, %.

Химическое кислотопонижение рекомендуется только для сусел с кислотностью выше 13 г/л и вин с титруемой кислотностью 10 г/л. Доза кислотопонижателя не должна быть слишком высокой, чтобы не вызывать быстрого и резкого подщелачивания. Оптимальными являются дозы, рассчитанные на понижение титруемой кислотности не более чем на 3 г/л.

Контроль коллоидной стабильности вина

Коллоидная нестабильность возникает вследствие коагуляции находящихся в коллоидном состоянии веществ или в результате внутренних реакций в период длительного хранения вина с образованием неустойчивых веществ.

Техника определения белковых помутнений

В колбу на 50 см³ вносят 10 см³ вина и 0,5 см³ насыщенного спиртового раствора танина. Колбу выдерживают в кипящей водяной бане в течение 3 минут. После охлаждения прозрачность вина не должна изменяться по сравнению с исходным. Если появляется белая муть, не растворяющаяся в 10%-ном растворе соляной кислоты, вино содержит белки, которые желательно удалить дополнительной обработкой бентонитом или кислыми протеиназами.

Техника определения полифенольных помутнений

20 см³ вина вносят в колбу на 50 см³ и проводят выпаривание в кипящей водяной бане до объёма 10 – 12 см³. Остаток доводят до начального объёма дистиллированной водой. В колбу вносят 0,5 г хлорида натрия и тщательно перемешивают.

Если через 3 часа появляются признаки помутнения, то это указывает на присутствие в вине лабильной фракции фенольных соединений. Такое вино рекомендуется дополнительно обработать холодом и поливинилпирролидоном.

Техника определения помутнений, связанных с металлами

к 100 см³ вина добавляют 5 капель 3 % пероксида водорода и выдерживают в течение 2 суток при комнатной температуре. Если образуется осадок

коричневого цвета, то вино нестойко к помутнениям, причиной которых является избыток металлов. Если в пробе вина, обработанной пероксидом водорода, после выдержки 2 суток в темноте появляется белесый осадок, то такое вино имеет склонность к фосфорно-железному помутнению. Такие вина обрабатывают жёлтой кровяной солью или трилоном Б.

Дегустация вина

Дегустация вина – это оценка качества напитка органолептическим путем, то есть с помощью органов зрения, обоняния, вкуса и слуха.

Целью дегустации является контроль качества вина, выявление пороков и болезней вина, оценка качества вин различных типов, способов и районов приготовления, определение результатов конкурсов и другое.

Очередность подачи вин на дегустацию такая: легкие молодые белые вина, затем более полные, выдержанные и старые. Менее ароматичные вина подают раньше ароматичных. Вина, содержащие сахар, располагают в порядке возрастания сладости. Оценка вина заключается в определении прозрачности, окраски, аромата, вкуса и общего сложения. Результаты регистрируют в специальных дегустационных листах (табл. 6) типовых документах для регистрации элементов качества.

Дегустация проходит в специальных дегустационных залах с температурой 15 – 16° С и влажностью 70 – 75 %, стены залов окрашены в нежные тона, свет равномерный, рассеянный. Основным видом дегустационной посуды служит дегустационный бокал. Форма его тюльпановидная.

Для оценки прозрачности вина оценивают отражением световых лучей от взвешенных частиц (бокал, слегка наклоненный, помещают между источником света и глазом, но не на одной линии). Прозрачность оценивается следующим образом: кристальное вино – 0,5 баллов; чистое с блеском – 0,4 балла; без блеска – 0,3 балла; с опалесценцией – 0,2 балла; мутное – 0,1 балла.

Окраску вина определяют на белом фоне по цвету отраженных лучей. Окраска не может быть оценена вне зависимости от категории, типа, возраста и сорта вина. Типичный цвет вин оценивается в 0,5 балла; с небольшими отклонениями от нормального – 0,4 балла; со значительными отклонениями – 0,3 балла; не типичный – 0,2 балла; грязный тон в окраске – 0,1 балла.

При оценке аромата вина для увеличения поверхности испарения двумя-тремя плавными вращательными движениями смачивают внутренние стенки бокала, затем, приподняв бокал к носу, вдыханием паров определяют аромат. После опорожнения бокала остающаяся на стенках пленка ароматических веществ улетучивается постепенно и ощущаемый запах меняется во времени.

Очень тонкий и развитый букет, соответствующий типу вина, оценивается в 3,0 балла; хорошо развитый – 2,5; слабо развитый – 2,0; не соответствующий типу и возрасту – 1,5; с посторонними тонами – 0,6.

Для оценки вкуса небольшое количество вина берут в рот и движением языка перемещают его по ротовой полости. Пробование вина заканчивают проглатыванием небольшого его количества. Время нахождения во рту – 5 – 8 секунд. Вкус оценивают так: тонкий, гармоничный, соответствующий тону и возрасту – 5,0 баллов; гармоничный – 4,0; гармоничный, но мало соответствующий типу – 3,0; ординарный – 2,0; с посторонними тонами – 1,0.

При оценке типичности вина определяют соответствие признаков внешнего вида, аромата и вкуса сложившемуся образу, характеризующих сорт, место и способ приготовления. Типичность вина оценивается в 1 балл

при полном соответствии типу, при небольшом отклонении – 0,7; малотипичные – 0,4; совершенно бесхарактерные – 0,1.

Общая оценка вин исключительно высокого качества – 10 баллов; почти совершенного – 9,0; отличного – 8,0; хорошего – 7,0; среднего – 6,0; дефектного в разных отношениях – 5,0.

Таблица 6 Дегустационный лист

Ф.И.О. дегустатора							
№ образца	На- имено- вание образца	П розрач- ность	Ц вет	А ромат	Вк ус	Ти- пи- ч- ность	П римеча- ния
Дата				Подпись			

Содержание, форма и правила оформления отчета о выполненной работе

Отчет по лабораторной работе оформляется в тетради и содержит: название, цель работы; описание хода и методов работы; результаты собственных исследований; выводы по работе.

Контрольные вопросы и защита работы

1. Биохимические помутнения вин. Общая характеристика. Способы предупреждения
2. Болезни вин и их предупреждение и лечение.
3. Классификация помутнений вин. Характеристика помутнений и причин их вызывающих.
4. Средства для предупреждения заболевания и лечения больных вин.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

МИКРООРГАНИЗМЫ В БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Цель работы: ознакомиться с микроорганизмами в биотехнологии; изучить свойства дрожжей.

Теоретическое обоснование

Дрожжи (*Saccharomycetaceae*) – микроскопические одноклеточные бесхлорофилльные растительные организмы, принадлежащие к классу грибов. Их относят к классу аскомицетов или сумчатых грибов и подклассу протоаскомицетов. Размножаются почкованием или делением. Клетки дрожжей имеют отчетливо выраженную оболочку и не образуют истинного мицелия. Типичные сахаромицеты образуют внутри своих клеток споры (аскоспоры), в результате чего клетки превращаются в споросодержащие сумки (аски).

Большинство дрожжей особенно хорошо размножаются на кислых средах (рН 5,4 – 5,8) при температуре 25 – 28 °С. В качестве источников углерода они используют сахара, органические кислоты (уксусная, молочная и др.), этиловый спирт и глицерин.

Дрожжи, наряду с бактериями, применяют для получения молочнокислых продуктов (кефир, кумыс, айран и пр.), используют в хлебопечении, виноделии, пивоварении, спиртовом, глицериновом производстве, в медицине и т.д.

Химический состав дрожжей находится в зависимости от вида, расы гриба, состава питательной среды, условий культивирования и ряда других факторов. Прессованные дрожжи в среднем содержат 73 – 75 % воды и 27 – 25 % сухих веществ (таблице 1).

Таблица 1 Химический состав дрожжей (в % сухого вещества)

Виды Состав	Пекарские, раса «М»	Пивные	Кормовые торула	Кормовые миноторула
Белковые вещества	44 – 46	51 – 58	51 – 55	47 – 53
Жир	1,5 – 2,5	2,0 – 3,0	1,7 – 2,7	2,6 – 3,0
Углеводы	30 – 40	25 – 30	22 – 33	27 – 40
Зола	6,9 – 10,0	8,1 – 9,1	8,1 – 11,1	7,8 – 10,9

Дрожжи весьма богаты различными витаминами, особенно группы В (таблица 2).

Таблица 2 Содержание в дрожжах витаминов (в мг на 1 г сухого вещества)

Витамины	Хлебопекарные	Пивные	Кормовые
Тиамин	24 – 39	60 – 125	5 – 38
Рибофлавин	21 – 80	21 – 80	21 – 80
Витамин РР	150 – 830	150 – 830	150 – 830
Пиридоксин	25 – 40	25 – 40	---
Фолиевая кислота	19 – 36	19 – 22	10 – 15
Пантотеновая кислота	200 – 280	42 – 200	40 – 140

Материальное обеспечение: дрожжи прессованные, дистиллированная вода, фенолфталеин, 0,1н раствор гидроксида натрия, 40 % нейтрализованный формалин и вновь проводят титрование 0,1 н раствор гидроксида натрия, технические весы, мука пшеничная, цилиндр, 2,5 % раствор хлорида натрия, термостат, растительное масло, фарфоровая чашка, стакан, аппарат Чижовой,

эксикатор.

Выполнение работы

1. Определение влажности дрожжей

Для определения влажности предварительно заготавливают пакеты из квадратных листов (длина стороны 16 см) пористой непроклеенной бумаги. Листы сгибают пополам в виде треугольника, края у пакетов загибают на расстоянии 1 см от края. Пакеты предварительно высушивают в термостате до постоянной массы и хранят в эксикаторе.

На чашку технических весов помещают предварительно высушенный и взвешенный пакет, вносят в него 1 – 3 г прессованных дрожжей и быстро распределяют навеску шпателем по поверхности пакета. Аналогичным способом подготавливают второй пакет.

Затем оба пакета помещают в аппарат Чижовой с температурой 160 °С. Пакеты сушат не менее 5 мин. Высушенные до постоянной массы пакеты с дрожжами охлаждают в эксикаторе в течение 3 – 4 мин и взвешивают.

Влажность дрожжей рассчитывают по формуле (в %):

$$W = M_1 - M_2 / M \cdot 100$$

M_1 – масса навески с пакетом до высушивания, г M_2 – масса навески с пакетом после высушивания, г M – масса навески, взятая для высушивания, г

2. Определение стойкости дрожжей

Пачку дрожжей массой 0,5 – 1,0 кг охлаждают до 4 °С. Затем её помещают в термостат при температуре 35 °С и выдерживают до полного размягчения бруска. Время, прошедшее с момента помещения дрожжей в термостат и до их полного размягчения характеризует стойкость дрожжей и выражается в часах. В норме стойкость дрожжей должна быть не менее 48 ч.

3. Определение содержания золы в дрожжах

В предварительно прокаленный и взвешенный фарфоровый тигель помещают около 3 г дрожжей (точная навеска). Навеску обливают 1 – 2 мл концентрированной серной кислоты, размешивают оплавленной стеклянной палочкой, вытирают её кусочком обеззоленного фильтра, который затем помещают в тигель. Тигель осторожно нагревают на слабом пламени газовой горелки под тягой. Когда содержимое тигля перестанет пениться и выделение паров прекратится, проводят окончательное сжигание и прокаливание содержимого тигля до постоянной массы в муфельной печи при слабом калении. Сжигание считается законченным, когда вся масса превратится в белый порошок, не содержащий черных частиц несгоревшего вещества. Затем тигель переносят в эксикатор, охлаждают и взвешивают.

Пример:

- масса пустого прокаленного тигля 17,9632 г;
- масса тигля с навеской дрожжей 20,9306 г;
- масса тигля с золой 18,2204 г.

Следовательно, навеска дрожжей составляет 2,9674 г, а масса золы – 0,2572 г. Исходя из этих данных, рассчитывают содержимое золы. Оно равно: $0,2572 \cdot 100 / 2,9674 = 8,67 \%$.

4. Определение кислотности дрожжей

Навеску дрожжей (10 г) помещают в фарфоровую ступку и растирают её

пестиком, постепенно доливая воду (всего 50 мл). В полученную суспензию добавляют 3-5 капель фенолфталеина и титруют смесь 0,1 н раствором гидроксида натрия до появления слабого розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин.

Кислотность дрожжей, в пересчете на уксусную кислоту (в мг на 100 г дрожжей), вычисляют по формуле:

$$X = V \cdot 6 \cdot K \cdot 10$$

где X – кислотность дрожжей в пересчете на уксусную кислоту, V – количество 0,1 н раствора щелочи, пошедшее на титрование, мл, 6 – количество уксусной кислоты, эквивалентное 1 мл 0,1 н раствора щелочи, мг K – поправочный коэффициент 0,1 н раствора гидроксида натрия, 10 – переводной коэффициент

Согласно ГОСТа кислотность 100 г дрожжей в день выработки заводом и в пересчете на уксусную кислоту, должна быть, не более 120. Кислотность 100 г дрожжей через 12 суток хранения или транспортирования при температуре 0 – 4 °С – не должна превышать 360.

5. Определение в дрожжах массовой доли белков методом формолового титрования

Метод заключается в блокировке свободных аминогрупп белков внесенным нейтрализованным формалином (формолом). Свободные карбоксильные группы белков затем нейтрализуются щелочью. Количество щелочи, пошедшее на титрование карбоксильных групп, косвенно отражает массовую долю белков.

10 г дрожжей разводят в 90 мл дистиллированной воды и титруют в присутствии фенолфталеина 0,1 н раствором гидроксида натрия до появления слабой розовой окраски. Затем вносят 5 мл 40 % нейтрализованного формалина и вновь проводят титрование 0,1 н раствором гидроксида натрия до не исчезающей слабой розовой окраски. Количество щелочи, пошедшее на второе титрование (при первом титровании оно расходуется на нейтрализацию веществ, обуславливающих кислотность дрожжей), умножают на коэффициент 0,959 и получают массовую долю белков в дрожжах.

6. Определение подъемной силы и осмоустойчивости дрожжей

1 способ. На технических весах отвешивают 5 г дрожжей, 280 г муки, цилиндром отмеривают 160 мл 2,5 % раствора хлорида натрия. Приготавливают тесто и формируют его в виде батона, который помещают в металлическую форму, предварительно нагретую в термостате при температуре 35 °С и смазанную растительным маслом. Форма должна иметь на продольном и поперечном разрезах сечение в виде трапеции и быть следующих размеров (в см): верхние основания 14,3 и 9,2, нижние – 12,6 и 8,5, высота – 8,5.

На длинные борта стандартной формы навешивают металлическую перекладину, входящую в форму на глубину 1,5 см. Форму с тестом помещают в термостат (35 °С) и замечают время. Второе время замечают, когда тесто поднимется до нижнего края перекладки.

Разность во времени (мин) характеризует скорость подъема, или подъемную силу дрожжей. В норме подъемная сила прессованных дрожжей равна не более 75 мин.

Принимая во внимание только первый подъем теста, можно определить

способность дрожжей к сбраживанию глюкозы, фруктозы и сахарозы, поскольку они содержатся в муке и обнаруживаются в тесте с момента его замеса. Мальтоза образуется в тесте значительно позже – через 90 – 120 мин после замеса. В связи с этим способность дрожжей к сбраживанию мальтозы теста может быть установлена лишь при последующих подъемах.

2 способ: На технических весах отвешивают 10 г дрожжей и 10-12 г муки. Дрожжи помещают в фарфоровую чашку и тщательно перемешивают с мукой и водой до образования теста.

Полученное тесто разделяют пополам и скатывают в шарики. В стакан наливают воду с температурой 32 °С. Два шарика одновременно опускают в стакан с водой, который помещают в термостат (32 °С). Отмечают время с момента опускания шариков и до момента всплытия их на поверхность. Находят среднее арифметическое двух параллельных определений.

Кроме подъемной силы большое значение имеет осмоустойчивость дрожжей. Этот показатель определяется по разнице между подъемной силой дрожжей в тесте без поваренной соли и в тесте с повышенным ее содержанием – до 3,5 %. Осмоустойчивость прессованных дрожжей высокого качества не должна превышать 20 мин.

Оборудование: бумажные пакеты, ступки, пестики, бюретка, технические весы, стаканы, фарфоровые тигли, термостат, муфельная печь.

Содержание, форма и правила оформления отчета о выполненной работе

Отчет по лабораторной работе оформляется в тетради и содержит: название, цель работы; описание хода и методов работы; результаты собственных исследований; выводы по работе.

Контрольные вопросы и защита работы

- 1 Каков химический состав дрожжей?
- 2 Какими показателями характеризуется качество дрожжей?
- 3 Классификация дрожжей.
- 4 Как определяют влажность дрожжей?
- 5 От чего зависит стойкость дрожжей при хранении и как ее определяют?
- 6 Как определяют осмочувствительность дрожжей?
- 7 Как определяют быстроту подъема теста (подъемная сила дрожжей)?
- 8 Как определяют кислотность дрожжей?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОМАССЫ ДРОЖЖЕЙ

Цель работы: провести культивирование дрожжей

Теоретическое обоснование

Культивирование продуцента называют ферментацией. Различают следующие виды аэробной и анаэробной ферментации: глубинная, поверхностная, периодическая, непрерывная, с иммобилизованным биообъектом и др. (схема 2). На схеме представлены некоторые методы ферментации.

В биотехнологических производствах применяют разнообразные ферментаторы. Их разделяют на следующие типы: барботажные, эрлифтные, барботажно-эрлифтные, с механическим перемешиванием, барботажные с циркуляционным перемешиванием, с инъекционной системой и др.

По структуре потоков ферментаторы могут быть аппаратами полного перемешивания и полного вытеснения. По способу ввода энергии и аэрации различают аппараты с вводом энергии в газовую фазу, в жидкую фазу или комбинированные.

Рабочий объем ферментатора обычно не превышает 7/10 общего объема. Свободное пространство над поверхностью раствора используется как буферное, где накапливается пена и, таким образом, предотвращается потеря культуральной жидкости.

Материальное обеспечение:

Выполнение работы

1. Технология получения биомассы дрожжей

Дрожжи выращивают в биореакторе аэробным глубинным способом при pH 4,4 – 4,5. В чистый аппарат вводят 70 – 80 % теплой воды, добавляют 10 % раствор сахарозы (1:17 – 1:30) и растворы солей. Устанавливают оптимальные pH среды и температуру (35 – 37 °C) начинают аэрацию (1об./об.мин). Добавляют минимальное количество глутаминовой (0,07 %) и уксусной (0,05 %) кислот. В питательную среду вводят посевной материал (1 – 3 % от объема среды).

Отделение биомассы от культуральной жидкости можно проводить различными способами, в том числе, фильтрованием и центрифугированием. Для сравнения эффективности этих способов мерным цилиндром отмеривают 10 мл суспензии дрожжей, переносят в воронку на предварительно смоченный водой бумажный фильтр. Отмечают время фильтрования.

Кроме того, можно провести фильтрование дрожжевой биомассы с использованием вакуумного насоса. Для этого в воронку Бюхнера помещают фильтр предварительно смоченный водой таким образом, чтобы фильтр на 3 – 5 мм возвышался над дном. Затем в мерный цилиндр отбирают 10 мл исследуемой суспензии. Перемешивают содержимое стеклянной палочкой и медленно переливают в подготовленную воронку Бюхнера. Включают вакуумный насос на 1 атм. Отмечают время фильтрования.

Для отделения биомассы дрожжей центрифугированием в центрифужные пробирки отмеривают по 10 мл дрожжевой суспензии. Пробирки уравнивают

и помещают в центрифугу. Центрифугируют при 3000 об./мин в течение 3, 5 и 10 мин. По степени прозрачности надосадочной жидкости в каждой из пробирок определяют оптимальное время центрифугирования для отделения биомассы дрожжей.

Делают выводы об эффективности различных способов отделения биомассы дрожжей от культуральной жидкости.

2. Оценка состояния культуры дрожжей

Микроскопия препаратов дрожжей позволяет следить за их состоянием и размножением. Молодые и зрелые дрожжи крупнее состарившихся. Оболочка у них едва заметна, вакуоли отсутствуют или очень малы. Они имеют большое количество почкующихся клеток. О старении культуры дрожжей можно судить по следующим признакам: их оболочка имеет вид утолщенного ободка, имеются большие вакуоли, присутствуют капельки жира.

Бактерии Дельбрюка представляют собой расположенные попарно палочки длиной 3-7 мкм и более. Колонии округлой формы, беловатого цвета, мелкие, выпуклые. При нарушении нормальных условий культивирования бактерии образуют длинные, местами утолщенные нити.

Препараты готовят неокрашенными и окрашивают раствором Люголя. Для этого взять навески 1 г йода и 2 г йодида калия, растворить в 300 мл воды.

Далее приготовить препарат дрожжей. Для этого на один объем жидких дрожжей взять 3 – 5 объемов воды. Смесь энергично взболтать и оставить на 1 мин. Из верхнего слоя дрожжевой жидкости стеклянной палочкой перенести небольшую каплю на предметное стекло. Накрыть покровным стеклышком и слегка прижать его сухим концом стеклянной палочки для удаления пузырьков воздуха. Препараты рассмотреть под микроскопом при увеличении в 500 – 1000 раз (объективы х 40 и х 90).

Содержание, форма и правила оформления отчета о выполненной работе

Отчет по лабораторной работе оформляется в тетради и содержит: название, цель работы; описание хода и методов работы; результаты собственных исследований; выводы по работе.

Контрольные вопросы и защита работы

1 Какие существуют способы культивирования микроорганизмов в глубине жидкой среды?

2 Какие фазы роста проходят микроорганизмы при периодическом способе глубинного культивирования?

3 Охарактеризуйте каждую фазу роста популяции микроорганизмов при глубинном культивировании.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

СБРАЖИВАНИЕ В ЭТИЛОВЫЙ СПИРТ КРАХМАЛОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Цель работы: ознакомиться с технологией сбраживания крахмалосодержащих сред и определить выход этилового спирта в зависимости от крахмалистости сырья и вида осаживающего материала.

Теоретическое обоснование

Спирт образуется при сбраживании простых сахаров дрожжами. Принципиальная схема технологического процесса производства спирта приведена на рис.1. Любое исходное сырье для приготовления спирта делится на две группы:

-сахаросодержащее (нетоварный сахар, сахарный смет -отходы, меласса, сахарная свекла, топинамбур, ягоды, фрукты, и т.д.), требующее минимальных усилий при приготовлении бражки -лишь извлечение сахара из сырья в

раствор и осуществление процесса сбраживания сахаров в спирт, удельный вес которого составляет около 0,8 кг/л при 20°C:

При этом (1кг) САХАР + ДРОЖЖИ=сбраживание=>(0,511 кг=0,639л) СПИРТА;

-крахмалосодержащее (картофель, зерно и т.д.), для которого, по сравнению с первым, необходимы дополнительные подготовительные этапы -разваривание и осахаривание крахмала (и солодоращение): при этом (1кг) КРАХМАЛ + ФЕРМЕНТ=осахаривание=>(1,11кг) САХАРА.

Промышленные ферментные препараты альфаамилаза и глюкоамилаза могут быть заказаны на спиртовых и биохимических заводах, а также в фонде «Процессы и аппараты пищевых производств» или заменены на солодовое молоко.

В зависимости от вида сырья и технологической схемы сбраживания практический выход достигает 80-90% от теоретического. В таблице 1 приведены ориентировочные значения практического выхода пищевого спирта-ректификата в литрах из одной тонны исходного сырья.

Таблица 1 Выход спирта из различных видов сырья при 15% потерь на всей технологической цепочке

Вид сырья	Спирт л/т	Вид сырья	Спирт л/т	Вид сырья	Спирт л/т	Вид сырья	Спирт л/т
Крахмал	605	Кукуруза	420	Рожь	300	Сахар	453
Горох	220	Купырь	80	Сорго	440	Виноград	110
Гречиха	430	Овес	260	Фасоль	340	Инжир	110
Желуди	210	Просо	250	Чечевица	310	Меласса	270
Картофель 20	120	Пшеница	330	Чистяк	70	Свекла/с	100
Картофель 15	90	Пшено	400	Чумиза	360	Топинамб.	120
Каштаны/к	210	Рис	460	Ячмень	350	Яблоки	60

Материальное обеспечение: крахмалосодержащее сырье (рожь, пшеница, ячмень, овес, просо, картофель), формалин или хлорамин, сухие хлебопекарные дрожжи, колба вместимостью 500 см³, цилиндр, ареометр Баллинга, биореактор с гидрозатвором, термостат, роторный испаритель, ареометр для спирта.

Выполнение работы

1. Приготовление осаживающего материала.
2. Подготовка сырья к осахариванию.

3. Осахаривание и сбраживание массы.

4. Анализ бражки.

1. Приготовление осаживающего материала.

Для приготовления солода используют зерно ячменя, овса и проса в соотношении 2:1:1. Количество солода должно составлять 15,5% от массы крахмала, включая крахмал солода. Содержание крахмала в различных видах сырья приведено в таблице 2.

Таблица 2 Содержание крахмала в сырье

Сырье	Средняя крахмалистость, % от сухого вещества
Рожь	50
Пшеница	52
Ячмень	49
Овес	37
Просо	51
Картофель	75

Пример для расчета количества солода. Для получения сусла взято 200 г пшеницы, средняя крахмалистость которой около 52%. Средняя крахмалистость солода, приготовленного из ячменя, овса и проса, составляет 47%. Уравнение для расчета количества солода имеет следующий вид:

$$\frac{x}{200 \cdot 0,52 + x \cdot 0,47} = 0,155$$

где x – необходимое количество солода, г.

Навески зерна, предназначенного для получения солода, смешивают, промывают водой, помещают в чашку Петри и замачивают. Вода для замачивания должна иметь температуру 18–20°C и полностью покрывать поверхность зерна. Длительность замачивания – 18 ч. Затем воду сливают, поверх зерна кладут влажную салфетку, чашку закрывают и оставляют на 7–10 сут для солодоращения. При необходимости салфетку увлажняют.

Солод промывают водой, обрабатывают антисептиком – формалином (0,2 см³/дм³) или хлорамином с выдержкой в течение 20 мин. Затем раствор антисептика сливают и измельчают солод в дезинтеграторе. Для получения солодового молока измельченный солод смешивают с водой из расчета 4–5 см³ воды на 1 г солода.

Для осаживания сырья можно использовать ферментные препараты, полученные путем поверхностного или глубинного культивирования гриба *Aspergillus awamori*. В соответствии с указанием преподавателя используется или сама культура, или ферментная вытяжка из нее с известной амилолитической активностью. Количество препарата должно обеспечить активность фермента в осаживаемом материале 10,0–12,5 ед./см³.

2. Подготовка сырья к осаживанию.

В качестве крахмалосодержащего сырья применяют рожь, пшеницу, ячмень, овес, просо, картофель. Измельченное зерно смешивают с теплой (40°C) водой в соотношении 1,0 : 2,5–3,0 в колбе вместимостью 500 см³. Количество зерна берут с

таким расчетом, чтобы получить 200 см³ среды. Приготовленную смесь разваривают в автоклаве при температуре 130–132°C в течение 1 ч.

2. Осахаривание и сбраживание массы.

Разваренную массу охлаждают до температуры 60°C, смешивают с осаживающим агентом и выдерживают в течение 20 мин. Сусло охлаждают до температуры 28°C и определяют ареометром Баллинга (сахарометр) содержание в нем сахаров. Для этого берут навеску полученной массы, разводят ее водой в 3–5 раз (до объема не менее 250 см³) и фильтруют. Затем в стеклянный цилиндр вливают фильтрат и медленно помещают сахарометр. Когда сахарометр установится, отсчитывают деления, которых достиг уровень жидкости. С учетом разбавления количество сахаров в сусле должно быть не менее 15° по Баллингу. После в сусло вносят 20 см³ суспензии спиртообразующих дрожжей с концентрацией 50–70 г/дм³. Колбу помещают в анаэроостат и проводят сбраживание в течение 3 сут при температуре 28–30°C.

4. Анализ бражки.

По окончании сбраживания замеряют объем полученной бражки и упаривают этиловый спирт на вакуум-ротаторном испарителе при температуре 40°C. При этом следят, чтобы не начала испаряться вода (как только в обратном холодильнике появится конденсат, упаривание прекращают). Затем измеряют объем спирта-сырца. С помощью ареометра определяют плотность спиртового раствора при температуре 20°C, после чего по табличным данным (табл. П1) находят концентрацию полученного из бражки этилового спирта в процентах.

Далее рассчитывают концентрацию спирта (c , %) в бражке по формуле

$$c = \frac{V_c \times k}{V_6}$$

где V_c – объем спирта после упаривания бражки, см³; k – концентрация спирта после упаривания, %; V_6 – объем бражки, см³.

Выход спирта из 1 т условного крахмала (B , дал) рассчитывают по формуле

$$B = \frac{V_6 \cdot c}{(m \cdot s_1 + x \cdot s_2) \cdot 10^2},$$

где m – масса крахмалосодержащего сырья, г; s_1 – крахмалистость сырья, %; x – количество солода, г; s_2 – крахмалистость солода, %.

Выход спирта из 1 т сырья (B_c , дал) рассчитывают следующим образом:

$$B_c = \frac{V_6 \times c}{m \times 10^4}$$

Полученную барду после упаривания отдают лаборанту и могут использовать для микробиологического синтеза витамина В₁₂.

Содержание, форма и правила оформления отчета о выполненной работе

Отчет по лабораторной работе оформляется в тетради и содержит: название, цель работы; описание хода и методов работы; результаты собственных исследований; выводы по работе.

Контрольные вопросы и защита работы

1. Приведите краткую схему спиртового брожения.

2. Какие побочные продукты образуются при спиртовом брожении?
3. Какова оптимальная концентрация сахаров для осуществления спиртового брожения?
4. Как влияет температура на эффективность спиртового брожения и при каких показателях данного параметра проводят сбраживание в производственных условиях?
5. Каким образом влияет концентрация накопившегося этилового спирта в ходе брожения на эффективность данного процесса?
6. Перечислите продуценты этилового спирта при его синтезе микробиологическим способом.
7. Назовите стадии получения этилового спирта из крахмалосодержащего сырья.
8. Какие ферменты используются для осахаривания крахмалосодержащего сырья?
9. Приведите известные способы взаимодействия фермента с субстратом.
10. Опишите технологическую схему приготовления солода.
11. Какая цель данной лабораторной работы?
12. Каким образом готовили осахаривающий материал?
13. Как осуществляли подготовку крахмалосодержащего сырья к осахариванию?
14. Каким образом проводили осахаривание и сбраживание сусла?
15. Как определяли концентрацию этилового спирта в полученной бражке?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

АНАЛИЗ СПИРТА ЭТИЛОВОГО РЕКТИФИКОВАННОГО

Цель работы: Определить органолептические и физико-химические показатели этилового спирта, установить отклонения от требований стандарта.

Теоретическое обоснование

Этиловый спирт, используемый для производства водок и ликероводочных изделий, должен отвечать требованиям ГОСТ 5962-2013 «Спирт этиловый ректификованный из пищевого сырья».

В соответствии с названным ГОСТом спирт из пищевого сырья выпускается 6 сортов: 1 сорт, высшей очистки, «базис», «экстра», «люкс», «альфа».

В спирте-ректификате нормируются органолептические и физико-химические показатели. По внешнему виду – спирт – прозрачная жидкость, бесцветная, с характерным вкусом и запахом, без постороннего привкуса и запаха.

Для производства спиртов экстра, люкс, базис можно использовать зерно, картофель и их смесь. Для спирта 1 сорта и высшей очистки, кроме этого сырья, применяют также сахаросодержащие виды сырья, мелассу, сахарную свеклу, головную фракцию этилового спирта, полученную при выработке спирта из пищевого сырья. Для спирта альфа – пшеницу, рожь и их смесь.

Спирт этиловый имеет ряд физико-химических свойств, которые следует учитывать при производстве ликероводочной продукции:

- спирт смешивается с водой в любых пропорциях;
- при растворении его в воде наблюдается адиабатическое сжатие смеси – контракция, связанная с образованием смешанных ассоциатов молекул воды и спирта, величина сжатия должна учитываться в расчетах при получении сортировки;
- при смешивании воды и спирта выделяется тепло.

Ряд показателей спирта свидетельствуют о наличии не индивидуальных компонентов, а определенных групп веществ.

Проба с серной кислотой характеризует наличие органических веществ (альдегидов, фурфурола, высших спиртов и др.), окисляемых серной кислотой, и характеризует чистоту спирта.

Проба на окисляемость перманганатом калия характеризует наличие в спирте непредельных соединений (акролеина, кротонового альдегида, фурфурола и др.), а также сернистых соединений. Чем выше их концентрация, тем быстрее изменяется цвет перманганата калия, внесенного в пробу спирта.

Массовая концентрация альдегидов учитывает присутствие альдегидов и кетонов. В спирте преобладает уксусный альдегид, а из кетонов – ацетон. Кроме этих соединений в спирте могут присутствовать непредельный кротоновый альдегид $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CHO}$, который образуется в процессе перегонки из уксусного альдегида, а также акролеин $\text{CH}_2\text{=CH-CHO}$, который образуется при разложении жиров и пентозанов при разваривании и перегонке.

Массовая концентрация сивушного масла характеризует количество высших спиртов. Так как преобладают изоамиловый, изобутиловый спирты, то отдельно

нормируется их сумма.

Кроме спиртов, определяемых в соответствии с требованиями ГОСТ, присутствуют в незначительных количествах высшие спирты с числом атомов более 5: гексиловый, гептиловый, октиловый и т.д. Образуются в процессе брожения.

Отдельно нормируется *массовая концентрация метилового спирта*, учитывая его токсичность. Он образуется при разложении пектиновых веществ, особенно в повышенных концентрациях при переработке картофеля, сахарной свеклы.

Массовая концентрация кислот определяет концентрацию свободных органических карбоновых кислот. Из них преобладает уксусная кислота, в небольших количествах содержатся также пропионовая, масляная, изомасляная, валериановая и др.

Массовая концентрация эфиров характеризует содержание сложных эфиров. Из них преобладает уксусно-этиловый, присутствуют также уксусно- метиловый, уксусно-пропиловый, муравьино- этиловый и др. Образуются при брожении и перегонке бражки.

Большинство примесей спирта влияют на его органолептические показатели.

Метиловый спирт и фурфурол токсичны. Метанол не определяется во вкусе, а фурфурол в небольших концентрациях дает запах ржаного хлеба.

Сивушные спирты и альдегиды имеют жгучий вкус и острый запах, особенно непредельные альдегиды.

Кислоты дают неприятный резкий запах. Эфиры придают спирту тонкий фруктовый аромат. Диэтиловый эфир имеет специфический сладкий вкус с остаточным ощущением горечи, гнилостный запах.

На вкус влияют также ненормируемые примеси, например, триметиламин, который образуется при переработке свекловичной мелассы и имеет запах рыбьего жира.

Материальное обеспечение: пробирки, дистиллированной H_2O , стеклянный цилиндр, ареометр, мерная колба $V = 50 \text{ см}^3$, к-та H_2SO_4 , анилин, HCl ($\rho = 1,188 \text{ г/см}^3$), цилиндр вместимостью 50 см^3 , водяная баня, раствор серной кислоты с (1/2 H_2SO_4), раствор $KMnO_4$ с массовой долей 0,02 %, колориметр, уксусный альдегид, фуксинсернистый реактив, салициловый альдегид

Выполнение работы

Спирт этиловый ректифицированный является обязательной составной частью как полуфабрикатов, так и готовой продукции производства ликёроводочных изделий. Схема контроля спирта представлена в таблице 1.

Таблица 1.Схема контроля этилового ректифицированного спирта

Наименование объекта контроля	Отбор проб для анализа			Срок хранения	Анализируемые показатели	Метод анализа
	место отбора	периодичность	кол- во			

Спирт этиловый ректификованный (в/оч, Экстра, Люкс)	ж/д,цистерна, автоцистерна, мерник спиртоприемного отделения	от каждой поступившей партии	0,5 дм ³	1 мес	концентрация спирта	ареометрический
					органолептические показатели	органолептический
					проба на чистоту	визуальный
					проба на окисляемость	фотоэлектронметрически
					проба на фурфурол	визуальный
					альдегиды, сивушное масло, метанол свободные к-ты, сложные эфиры	с типовыми р-ми или колориметрически титриметрически или колориметрический
	очистное морсовое купажное отделение спиртохранилище	по производственной необходимости при снятии остатков или по производственной необходимости	0,5 дм ³	не хран.	то же	то же
			0,5 дм ³	не хран.	то же	то же

1. Отбор проб

В соответствии с действующим стандартом анализ спирта проводят в объединённой пробе, которую получают из точечных проб. Точечные пробы отбирают из бутылей, бидонов, бочек после тщательного перемешивания. Из цистерн пробы отбирают равными порциями из верхнего, среднего и нижнего слоёв. Объём точечной пробы должен быть не менее 200 см³. Точечные пробы помещают в чистую стеклянную бутылку, предварительно ополоснутую тем же спиртом и

тщательно перемешивают. Получают объединённую пробу, объём которой не должен быть меньше 1,5 дм³. Пробу разливают в 3 сухие чистые бутылки 0,5дм³, предварительно ополоснутые тем же спиртом. Бутылки закрывают корковыми или полиэтиленовыми пробками с плотно пригнанными прокладками из пергаментной бумаги.

В зависимости от степени очистки выпускают спирт этиловый ректификованный «Люкс», «Экстра», высшей очистки, 1-го сорта.

Методы определения качества этилового спирта выполняются в соответствии с ГОСТ 5962 «Спирт этиловый ректификованный. Технические требования» и ГОСТ 5964 «Спирт этиловый. Правила приёмки и методы анализа»

2. Определение органолептических показателей

По органолептическим показателям спирт должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 2.

Таблица 2. Органолептические показатели спирта

Показатель	Характеристика
Внешний вид	Прозрачная жидкость без посторонних частиц
Цвет	Бесцветная жидкость
Вкус и запах	Характерные для каждого сорта спирта, выработанного из соответствующего сырья, без привкуса и запаха посторонних веществ

Внешний вид (прозрачность) В одинаковые сухие пробирки наливают, одну – 10 см³ спирта; в другую – 10 см³ дистиллированной Н₂О. Определяют наличие механических примесей в проходящем рассеянном свете.

Цвет В этих же пробирках сравнивают цвет и оттенок обеих жидкостей визуально.

Запах и вкус Спирт разбавляют дистиллированной Н₂О (питьевой) t = 20 °С до 40 % об.в цилиндре с шлифованной пробкой, энергично перемешивают, наливают в дегустационный бокал и определяют вкус и запах.

3. Определение физико-химических показателей

По физико-химическим показателям спирт должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 10.

Таблица 2. Физико-химические показатели ректификованного спирта

Наименование показателя	Норма для спирта					
	1-го сорта	Высшей очистки	«Базис»	«Экстра»	«Люкс»	«Альфа»
Массовая доля этилового спирта, % не менее	96,0	96,2	96,0	96,3	96,3	96,3
Проба на чистоту с серной кислотой	выдерживает					
Проба на окисляемость, мин при 20 °С, не менее	10	15	20	20	22	20

Массовая концентрация альдегидов в пересчете на безводный спирт, мг/дм ³ не более	10	4	5	2	2	2
Массовая концентрация сивушного масла: 1-пропанол, 2-пропанол, спирт изобутиловый, 1-бутанол, спирт изоамиловый в пересчете на безводный спирт, мг/дм ³ не более	35	8	5	6	6	6
-изоамиловый и изобутиловый спирты (3:1) в пересчете на безводный спирт, мг/дм ³ , не более	15	4	3	3	2	2
Массовая концентрация сложных эфиров в пересчете на безводный спирт, мг/дм ³ не более	30	15	13	10	5	10
Массовая концентрация свободных кислот (без CO ₂) в пересчете на безводный спирт, мг/дм ³ не более	20	15	15	12	8	12
Объемная доля метилового спирта в пересчете на безводный спирт, % не более	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,003
Массовая концентрация сухого остатка в пересчете на безводный спирт, мг/дм ³ не более	-	-	15	-	-	-
Массовая концентрация летучих азотистых оснований в пересчете на азот, в 1 дм ³ безводного спирта, не более	-	-	1,0	-	-	-

3.1. Определение объемной доли этанола

Проведение анализа. Стекланный цилиндр моют хромовой смесью, споласкивают теплой питьевой водой, затем дистиллированной H₂O и испытуемым спиртом. Промытые цилиндры высушают на воздухе. Спирт наливают по стенке, 5 раз перемешивают мешалкой по высоте, измеряют t, опускают ареометр. Через 3 мин снимают отсчет показания ареометра по нижнему краю мениска. Вынимают ареометр; замеряют температуру. Повторяют определения дважды. Находят среднее арифметическое. Ареометр вытирают льняным полотенцем.

3.2. Определение чистоты

Суть метода заключается в окислении посторонних органических (непредельных) примесей конц. H₂SO₄ (х.ч.) выдерживающей пробу Савая.

Проведение анализа. 10 см³ спирта помещают в мерную колбу V = 50 см³, приливают 10 см³ к-ты H₂SO₄, перемешивают, нагревают на электрической плитке при постоянном вращении пока не появятся пузырьки на поверхности с момента нагревания через t = 30 – 40 °С. Охлаждают. Переливают в пробирку с притёртой пробкой и сравнивают с окраской спирта и с окраской H₂SO₄ в пробирках (просмотр производится сверху вниз в направлении оси пробирки на белом фоне при дневном свете или лампы дневного освещения).

3.3. Определение наличия фурфурола

Проведение анализа. В пробирку 25 см³ с притёртой пробкой вносят 10 капель анилина, 3 капли HCl (ρ = 1,188 г/см³), 10 см³ спирта: Перемешивают. Выдерживают при комнатной температуре в течение 10 мин. Если раствор остаётся бесцветным то значит, он выдерживает пробу. Фурфурол с анилином в кислой среде образует красное окрашивание.

3.4. Определение окисляемости

Метод основан на фотоэлектрометрическом измерении интенсивности окраски испытуемого раствора, полученного после реакции окисления посторонних органических примесей в спирте раствором перманганата калия.

Проведение анализа. 25 см³ анализируемого спирта помещают в цилиндр вместимостью 50 см³, устанавливают в водяную баню при температуре 20 °С, выдерживают в течение 10 мин.

В другой цилиндр вместимостью 50 см³ помещают 5 см³ раствора серной кислоты с (1/2 H₂SO₄) - 0,05 моль/дм³ и 0,5 см³ раствора KMnO₄ с массовой долей 0,02 %. Затем приливают выдержанный 10 мин спирт и перемешивают. Полученный раствор колориметрируют по истечении 2 мин. На ФЭК при светофильтре с длиной световой волны 490 нм в кювете с шириной рабочей грани 30 мм в сравнении с дистиллированной водой.

Отмечают время в минутах, в течение которого оптическая плотность достигнет значения, равного 0,025. При анализе спирта высшей очистки раствор должен достигнуть плотности 0,025 через 6-8 мин, а спирта Люкс и Экстра - через 15-18 мин.

3.5. Определение массовой концентрации альдегидов

Метод основан на реакции присутствующих в анализируемом спирте альдегидов с фуксинсернистым реактивом 1.

Проведение анализа. В одну пробирку помещают 10 см³ анализируемого спирта, предварительно разбавленного до 50%об., в другую – 10 см³ соответствующего типового раствора уксусного альдегида. В обе пробирки добавляют по 2 см³ фуксинсернистого реактива 1, закрывают пришлифованными пробками, перемешивают содержимое и выдерживают в течение 20 мин. при комнатной температуре. Образовавшуюся окраску анализируемого растворов сравнивают на ФЭК в кювете с шириной рабочей грани 20 мм при светофильтре с длинной волны 540 нм. Окраска анализируемого раствора должна совпадать с окраской типового раствора или быть менее интенсивной. Для определения более точного количества альдегидов строят калибровочный график с использованием

типовых растворов для спирта-сырца, 1 сорта, высшей очистки, Экстра, Люкс.

3.6. Определение массовой концентрации сивушного масла.

Метод основан на колориметрическом измерении оптической плотности исследуемого окрашенного раствора, полученного после реакции присутствующих в спирте высших спиртов с салициловым альдегидом в присутствии концентрированной серной кислоты.

Проведение анализа. 10 см³ серной кислоты вносят в пробирку, осторожно по стенке приливают 5 см³ испытуемого спирта, чтобы образовалось два несмешивающихся слоя. Затем приливают 0,5 см³ раствора салицилового альдегида, пробирку закрывают пробкой, содержимое быстро перемешивают и кипятят в бане 10 мин. Затем пробирку быстро охлаждают в проточной воде

или бане со льдом до 20 °С. Интенсивность жёлтой окраски измеряют не позднее, чем через 5 мин. На ФЭК в кювете с шириной рабочей грани 20 мм при светофильтре с длиной световой волны 540 нм в сравнении с дистиллированной водой.

Содержание, форма и правила оформления отчета о выполненной работе

Отчет по лабораторной работе оформляется в тетради и содержит: название, цель работы; описание хода и методов работы; результаты собственных исследований; выводы по работе.

Контрольные вопросы и защита работы

1. В чём заключается сущность метода определения чистоты спирта этилового ректифицированного?
2. На каком физическом принципе базируется определение окисляемости этанола?
3. На чём основан метод определения массовой концентрации альдегидов в этиловом спирте?
4. Что собой представляют сивушные масла, на какой стадии получения спирта они образуются?
5. Как называется реакция с помощью, которой осуществляется определение массовой концентрации кислот?

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических работ
по дисциплине «Технология бродильных производств и виноделия»
для студентов направления подготовки
19.04.01 Биотехнология
Направленность (профиль)
Биотехнология производства продукции из растительного сырья,
виноделия и бродильных производств

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЫРЬЯ

1.1. Ячмень

Ячмень является основным сырьем для производства пивоваренного солода. Согласно ГОСТ 5060–86, по качественным показателям пивоваренный ячмень подразделяется на два класса (см. таблицу 1).

Таблица 1. Требования к ячменю для производства пива по ГОСТ 5060–86

Показатель	Класс ячменя	
	первый	второй
Органолептические показатели		
Цвет	Светло-желтый или желтый	Светло-желтый, желтый или серовато-желтый
Запах	Свойственный нормальному зерну ячменя (без затхлого, солодового, плесневелого запахов)	
Состояние	Здоровый, не греющийся	
Физико–химические показатели		
Влажность, %, не более	15	15,5
Белок, %, не более	12,0	12,0
Сорная примесь, %, не более	1,0	2,0
–в том числе вредная примесь*	0,2	0,2
Зерновая примесь, %, не более	2,0	5,0
Мелкие зерна, %, не более	5,0	7,0
Крупность, %, не менее	85,0	60,0
Зараженность вредителями хлебных запасов	Не допускается, кроме зараженности клещом не выше 1 степени	
Физиологические показатели		
Способность прорастания, %, не менее	95,0	90,0
Жизнеспособность, %, не менее	95,0	95,0

*в числе вредной примеси гелиотроп опушенноплодный и триходесма

седа не допускаются.

Кроме показателей, приведенных в таблице 1, для оценки качества ячменя применяются следующие показатели.

Натура. Натурой называется масса 1 дм³ зерна, выраженная в граммах. Натура пивоваренных ячменей колеблется от 600 до 750 г/дм³. Для технологических расчетов может использоваться и другое выражение натуры, например, кг/м³; т/м³.

Выравненность ячменя характеризуют наибольшим суммарным остатком на двух соседних ситах. Ячмень высокого качества должен содержать более 85% зерен, остающихся на ситах с отверстиями шириной 2,8 и 2,5 мм.

Экстрактивность — это количество веществ, которые при затирании способны раствориться и перейти в сусло. Чем выше экстрактивность ячменя, тем меньше расход зернопродуктов на получение сусла. У хороших пивоваренных ячменей экстрактивность составляет 76–82% на сухое вещество.

Абсолютная масса — это масса 1000 зерен ячменя. По значению этого показателя ячмени можно разделить на легкие (абсолютная масса 37–40 г), среднего веса (41–44 г) и тяжелые (свыше 45 г). Как правило, тяжелые ячмени обладают более высокой экстрактивностью.

Пленчатость — это содержание цветочных пленок (оболочек). У разных сортов ячменя пленчатость составляет 8–17% на сухое вещество. Для пивоварения рекомендуется использовать ячмень с пленчатостью не выше 9%, так как в процессе затирания из оболочек выщелачиваются горькие и красящие вещества, негативно влияющие на органолептические показатели пива.

Мучнистость. Этот показатель характеризует состояние эндосперма зерна. Зерна могут быть мучнистые, стекловидные и полустекловидные. Ячмень, содержащий повышенное количество стекловидных зерен, имеет, как правило, более высокое содержание белка,

трудно перерабатывается и дает солод пониженного качества. Мучнистых зерен в ячмене должно быть не менее 80%.

Водочувствительность характеризует снижение способности к прорастанию даже при небольшом избытке воды и выражается разницей между количеством проросших зерен при оптимальном и избыточном количестве воды. При замачивании водочувствительных ячменей следует корректировать технологию замачивания. По водочувствительности ячмени делятся на три группы: маловодочувствительные (не более 25%), водочувствительные (26–45%) и обладающие значительной водочувствительностью (свыше 45%).

Способность к водопоглощению оценивается по количеству поглощенной влаги через 72 ч замачивания. Чем выше способность к водопоглощению, тем меньшее время требуется для достижения необходимой степени замачивания. Если в течение указанного времени ячмень поглотил менее 45% воды, его способность к водопоглощению оценивается как

Таблица 2. Соотношение между экстрактивностью и содержанием белка

Отношение экстрактивности к содержанию белка	Способность к солодоращению
более, чем 8,8 : 1	очень хорошая
от 7,8 : 1 до 8,7 : 1	хорошая
от 7,2 : 1 до 7,6 : 1	удовлетворительная
менее, чем 7,2 : 1	плохая

неудовлетворительная. При количестве поглощенной воды 45–47,5% способность к водопоглощению считается удовлетворительной, 47,6–50% — хорошей и более 50% — очень хорошей.

Соотношение между экстрактивностью и содержанием белка определяет общую способность ячменя к солодоращению. Численные значения показателя приведены в таблице 2.

Для приготовления пива кроме ячменного солода используют также несоложенный молотый ячмень, кукурузную и рисовую крупу, пшеницу, соевую муку, солодовые экстракты. Зерновое сырье частично может быть заменено сахаром или глюкозно–мальтозными сиропами.

1.1.1. Основные расчетные формулы

Так как зерно поступает на предприятие партиями, при его приемке определяют средневзвешенные показатели влажности и сорности по формулам

$$W_{cp} = \frac{\sum \Pi_{iw}}{\sum M_i}; C_{cp} = \frac{\sum \Pi_{ic}}{\sum M_i},$$

(1)

где $\sum M_i$ – сумма масс всех поступивших партий зерна; $\sum \Pi_{iw}$ – сумма произведений массы i -той партии зерна на влажность этой партии; $\sum \Pi_{ic}$ – сумма произведений массы i -той партии зерна на сорность этой партии (соответствующие произведения вычисляют по формулам, приведенным ниже).

$$\Pi_{iw} = M_i \cdot W_i; \Pi_{ic} = M_i \cdot C_i,$$

(2)

где M_i – масса i -той партии зерна в применяемых единицах массы; W_i и C_i – соответственно влажность и сорность i -той партии зерна, %.

В процессе длительного хранения зерна на складе может произойти убыль или увеличение его массы вследствие снижения или увеличения влажности и сорности. Поэтому при направлении зерна в производство, а также для учета потерь определяют массу зерна после хранения по формуле

$$M_1 = M - Mx,$$

(3)

где M_1 – масса зерна после хранения, т; M – исходная масса зерна, т; x – убыль или увеличение массы зерна после хранения, доли единицы.

Убыль массы зерна вследствие снижения его влажности и сорности можно рассчитать по формуле

$$x = 1 - \frac{(1 - W) \cdot (1 - C)}{(1 - W_1) \cdot (1 - C_1)},$$

(4)

где W и C – соответственно влажность и сорность зерна до хранения, доли единицы; W_1 и C_1 – то же после хранения, доли единицы.

Если убыль массы, вычисленная по вышеприведенной формуле, имеет отрицательное значение, то имеет место увеличение массы зерна.

Определить объем (л), занимаемый зерном, зерновой или сорной примесью, можно по формуле

$$V = \frac{M \cdot 1000}{\rho},$$

(5)

где M – масса зерна или примеси, кг; ρ – объемная масса зерна или примеси, кг/м³ (для разных продуктов и отходов солодовенного производства определяется по приложению 1).

1.1.2. Задания и задачи

1. Охарактеризовать качество двух различных партий ячменя на основании результатов его лабораторного анализа (см. данные таблицы). Дать заключение о пригодности данных партий ячменя к солодоращению, предсказать возможные технологические проблемы на стадии солодоращения.

2. Определить массу и объем сорной и зерновой примеси, которая образуется при очистке и сортировании двух партий ячменя, описанных в задании 1, если масса обеих партий составляет 3000 т.

3. Определить средневзвешенную влажность и сорность зерна, если на склад поступили следующие партии зерна (см. таблицу).

№ партии	M_i , кг	W_i %	C_i %	№ партии	M_i , кг	W_i %	C_i %
1	40500	14,0	0,5	4	18000	14,2	1,2
2	25000	13,5	1,0	5	10000	15,2	1,3
3	18000	14,5	0,8	6	38200	15,9	1,8

4. Определить убыль массы зерна и массу зерна после хранения, если исходная масса (M), влажность и сорность зерна (W , C), а также влажность и сорность его после хранения (W_1 , C_1) приведены в таблице.

№ партии	M , т	W , %	C , %	W_1 , %	C_1 , %
1	280	14,0	1,1	13,5	0,9
2	120	14,2	2,0	15,0	1,8

5. Какова будет масса ячменя после сушки и первичной очистки, если зерно поступило на элеватор с начальной влажностью 19% и сорностью 2,5%, а конечная его влажность составляет 12%? При первичной очистке удаляется 50% сорной примеси. Начальная масса партии зерна составляла 2000 т.

1.2. Хмель

Требования к прессованному сульфитированному хмелю, предназначенному для использования в пивоваренной промышленности, устанавливает ГОСТ 21947–76. Требования, устанавливаемые ГОСТом, могут быть базисные и ограничительные (см. таблицу 3).

Кроме прессованного цельношишкового хмеля в пивоварении используют различные хмелевые препараты — молотый брикетированный и гранулированный хмель, хмелевые экстракты и эссенции. Эти продукты вырабатывают для сохранения ценных компонентов хмеля и повышения степени использования горьких веществ.

1.2.1. Основные расчетные формулы

Норма внесения прессованного шишкового хмеля исходя из горечи сусла в г/дал горячего сусла рассчитывается по формуле

$$H_0 = \frac{G_c \cdot 10^4}{(\alpha + 1) \cdot (100 - W)},$$

(6)

где G_c — величина горечи сусла, г/дал; α — содержание α -кислот в прессованном хмеле %, W — влажность прессованного хмеля, %.

Норма внесения гранулированного хмеля в г/дал горячего сусла определяется по формуле

$$H_0 = \frac{0,9 \cdot G_c \cdot 10^4}{(\alpha + 1) \cdot (100 - W)},$$

(7)

где 0,9 — коэффициент снижения нормы расхода гранулированного хмеля за счет повышения степени использования горьких веществ.

Таблица 3. Требования к хмелю по ГОСТ 21947–76

Показатель	Требования	
	базисные	ограничительные
Органолептические показатели		
Цвет	От светло–желто–зеленого до золотисто–зеленого, допускаются покрасневшие кончики лепестков	Зеленый, желтовато-зеленый, зеленовато-желтый, желтый с коричневыми пятнами, бурый
Запах	Хмелевой, чистый, не допускается прелый, затхлый сырный, дымный и др.	
Внешний вид	Шишки должны быть одинаковые по размеру, закрытые; не допускается хмель, пораженный плесенью, сельскохозяйственными вредителями и болезнями, содержащий посторонние (нехмелевые) примеси.	
Физико–химические показатели		
Влажность, %, не более	13	11–13
Содержание примесей, %, не более		
–для хмеля машинного сбора	—	10
–для хмеля ручного сбора	—	5
Зольность, % на АСВ*, не более	—	14
Содержание семян, %, не более	—	4
Содержание сернистого ангидрида (SO ₂), % на АСВ, не более	—	0,5
Содержание α–кислоты, % на АСВ	3,5	не менее 2,5

*АСВ – абсолютно сухое вещество

Если охмеление сусла производится с использованием хмелевых экстрактов, то норму внесения хмелевого экстракта в г/дал горячего сусла определяют по формуле

$$H_0 = \frac{0,8 \cdot G_c \cdot n}{\alpha},$$

(8)

где G_c — норма горечи сусла, г/дал; n — доля хмелевого экстракта в общем количестве хмелепродуктов (не выше 50%); α — содержание α -кислот в экстракте, %; 0,8 — коэффициент снижения норм расхода за счет более полного использования горьких веществ.

1.2.2. Задания и задачи

1. Охарактеризовать качество двух различных партий прессованного хмеля машинного сбора на основании результатов его лабораторного анализа (см. данные таблицы, размещенной на следующей странице). Дать заключение о возможности использования его в процессе охмеления сусла.

2. Норма задачи хмеля с содержанием α -кислот 3,5% составляет 22 г/дал горячего сусла. Определить норму задачи хмеля партии 1 и 2 (см. задание 1) в соот-

Показатели	№ партии	
	1	2
Цвет	Золотисто-зеленый	Зеленовато-желтый
Запах	Хмелевой, чистый	Хмелевой, с легким затхлым оттенком
Внешний вид	Шишки целые, закрытые, примерно одинаковой величины	
Влажность, %	12,0	13,8
Содержание примесей, %	1,2	8,0
Зольность, % на АСВ	5,5	9,0
Содержание SO_2 , % на АСВ	—	0,5
Содержание α -кислоты, % на АСВ	4,2	2,0

ветствии с содержанием α -кислот.

3. Для охмеления сусла использовали сорт хмеля «Шпальт» с содержанием α -кислот 4,6% в количестве 32 г/дал. Сколько хмеля сорта «Теттнанг» с содержанием α -кислот 3,5% потребуется для охмеления 500 гл

этого же сусла?

4. Горечь сусла составляет 1,49 г/дал. Сколько потребуется внести прессованного хмеля сорта «Каскад» с содержанием α -кислот 6% и влажностью 11% для охмеления 350 дал сусла?

5. Как изменится расход прессованного хмеля в условиях задачи 4, если 30% его будет заменено гранулированным хмелем с содержанием α -кислот 3,5% и влажностью 6,5%?

6. Горечь сусла составляет 1,24 г/дал. Сколько CO_2 -экстракта с содержанием α -кислот 12% необходимо внести на 1 дал сусла, если прессованный хмель заменяется экстрактом на 20%?

1.3. Вода

В пивоваренном и солодовенном производстве вода также является сырьем. Она используется для мойки, замачивания и увлажнения ячменя, на приготовление затора и выщелачивание пивной дробины, на мойку оборудования и тары и т.д. От качества воды зависит ход технологического процесса и показатели готового солода и пива.

Источники водоснабжения пивоваренных заводов могут быть подземные (артезианские, грунтовые) и поверхностные (речные, озерные). Вода, используемая в пивоваренном и солодовенном производстве, должна соответствовать требованиям, предъявляемым к питьевой воде (СанПиН 2.1.4.1074–01).

Технологические требования к воде по содержанию различных ионов, оказывающих влияние на технологический процесс и качество готового продукта, могут быть более строгими, чем требования санитарные. Содержащиеся в воде ионы могут:

1) изменять pH среды (сдвигать кислотно-щелочное равновесие в кислую или щелочную сторону), это ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , OH^- , HCO_3^- ;

- 2) воздействовать на дрожжи (K^+ , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , NO_2^- , Cl^- и др.);
- 3) действовать в качестве катализатора брожения (Ca^{2+} , Mg^{2+});
- 4) вызывать изменение вкуса и цвета готового пива (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} , Fe^{3+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , и др.);
- 5) вызывать помутнения пива (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , SiO_3^{2-}).

1.3.1. Основные расчетные формулы и справочные материалы

Оценить качество воды и определить ее пригодность к использованию в пивоваренном производстве можно по следующим показателям.

Жесткость. Растворенные в воде соли кальция и магния характеризуют ее жесткость. Жесткость воды выражается в мг–экв/л или ммоль/л. 1 мг–экв жесткости соответствует содержанию 20,04 мг Ca^{2+} и 12,16 мг Mg^{2+} в 1 л воды. 1 ммоль жесткости соответствует содержанию 40,08 мг Ca^{2+} и 24,31 мг Mg^{2+} в 1 л воды. Классификация воды по жесткости приведена в таблице 4.

Таблица 4. Типы воды в соответствии с жесткостью

Тип воды	Жесткость, мг–экв/л	Жесткость, ммоль/л
Очень мягкая	До 1,5	До 0,75
Мягкая	1,5–3	0,75–1,5
Средней жесткости	3–4,5	1,5–2,25
Довольно жесткая	4,5–6	2,25–3
Жесткая	6–10	3–5
Очень жесткая	Свыше 10	Свыше 5

Для приготовления светлых сортов пива используют в основном мягкую воду с карбонатной жесткостью 0,8 мг–экв/л и некарбонатной 0,4–0,8 мг–экв/л. Для темного пива жесткость воды может быть выше: карбонатная 3–4,8 мг–экв/л, некарбонатная — незначительная.

Щелочность. Способность воды связывать кислоты характеризуется величиной щелочности, т. е. количеством в воде ионов OH^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- и

некоторых других анионов слабых кислот. Щелочность выражают в мг–экв/л.

Для оценки качества воды по щелочности необходимо знать содержание в воде ионов Ca^{2+} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- . При одновременном их присутствии в заторе его рН устанавливается в зависимости от их количественного соотношения. Это соотношение называется **показатель пригодности воды по щелочности ($\Pi_{\text{щ}}$)**.

Показатель пригодности находится из соотношения

$$\Pi_{\text{щ}} = G_{\text{Ca}} / \text{Щ}_o, \quad (9)$$

где G_{Ca} — содержание в воде ионов кальция, мг–экв/л; Щ_o — общая щелочность, мг–экв/л.

Вода, имеющая $\Pi_{\text{щ}} < 1$, повышает рН затора, а имеющая $\Pi_{\text{щ}} > 1$ — понижает. При значениях $\Pi_{\text{щ}}$ близких к единице, вода считается пригодной для технологических целей.

Остаточная щелочность. Поскольку ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} способны компенсировать отрицательное воздействие углекислых солей, в воде для пивоварения важно учитывать не общее количество карбонатов, а то их количество, которое остается в свободном состоянии после частичной компенсации ионами кальция и магния. Это количество называется остаточной щелочностью и определяется по формуле

$$\text{Щ}_{\text{ост}} = \text{Щ}_o - \frac{G_{\text{Ca}} + 0,5G_{\text{Mg}}}{3,5}, \quad (10)$$

где G_{Mg} — содержание в воде ионов магния, мг–экв/л; остальные обозначения те же, что и в формуле (9).

Для светлых сортов пива используют воду с остаточной щелочностью не более 0,54 мг–экв/л.

Отношение ионов $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$. В пивоварении обращают внимание не только на общее содержание ионов кальция и магния в воде, но и на их отношение. При этом предпочтение отдается ионам Ca^{2+} , а ионы Mg^{2+} могут

содержаться в минимальных количествах или даже полностью отсутствовать. Отношение концентрации ионов кальция и магния в воде рассчитывается в мг–экв/л. Предельное значение отношения 1:1. Оптимальное — 4:1. При значениях отношения $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ ниже предельного пиво может иметь неприятный вкус.

Содержание ионов, оказывающих влияние на технологический процесс и органолептические показатели пива. Дополнительные требования по ионному составу воды установлены технологической инструкцией по водоподготовке для производства пива и безалкогольных напитков (ТИ 10–5031536–73–90).

Таблица 5. Требования к качеству воды в пивоварении

Показатель	Значение	Показатель	Значение
рН	6,0–6,5	Магний, мг/л	следы
Окисляемость, мг O_2 /л	2	Марганец, мг/л	0,1
Щелочность, мг–экв/л	0,5–1,5	Медь, мг/л	0,5
Общая жесткость, мг–экв/л	2–4	Цинк, мг/л	5,0
Катионы:		Анионы:	
Алюминий, мг/л	0,5	Нитраты, мг/л	10
Железо (суммарно), мг/л	0,1	Нитриты, мг/л	0
Кальций, мг–экв/л	2–4	Сульфаты, мг/л	100–150
Кремний, мг/л	2	Хлориды, мг/л	100–150

1.3.2. Задания и задачи

1. Вода содержит 150 мг/л ионов кальция и 40 мг/л ионов магния. Рассчитать ее кальциевую и магниевую жесткость в мг–экв/л и ммоль/л. Определить общую жесткость воды и отнести воду к определенному типу по жесткости.

2. Общая жесткость воды составляет 5,2 мг–экв/л, содержание ионов магния в ней 20 мг/л, а общая щелочность 3,4 мг–экв/л. К какому типу жесткости относится данная вода? Рассчитать пригодность воды по щелочности. Для приготовления каких сортов пива эту воду можно использовать без предварительной водоподготовки?

3. Вода содержит 50 мг/л ионов кальция и 10 мг/л ионов магния, а общая щелочность ее составляет 4 мг–экв/л. Какое влияние эта вода будет оказывать на вкусовые качества пива? К какому типу жесткости относится данная вода?

1.3.3. Пример

Вода содержит 280 мг/л ионов кальция и имеет общую щелочность 17,5 мг–экв/л. Сколько мл соляной кислоты концентрацией 37% и плотностью 1,19 г/см³ нужно добавить к 1 м³ такой воды, чтобы довести показатель пригодности по щелочности до единицы?

Решение. Кальциевая жесткость воды составляет

$$G_{Ca} = 280/20,04 = 13,97 \text{ мг–экв/л.}$$

Пригодность по щелочности вычислим по формуле (9).

$$P_{щ} = 13,97/17,5 = 0,798.$$

Превышение щелочности над содержанием ионов кальция составляет

$$17,5 - 13,97 = 3,53 \text{ мг–экв/л.}$$

Для того чтобы довести показатель пригодности воды по щелочности до единицы, необходимо избыток щелочности нейтрализовать кислотой. Поскольку вещества реагируют в эквивалентных количествах, для связывания щелочности требуется

$$3,53 \cdot 36,5 = 128,845 \text{ мг соляной кислоты,}$$

где 36,5 — эквивалент соляной кислоты.

Товарная соляная кислота содержит 37% HCl, то есть потребуется

$$\frac{128,845 \cdot 100}{37} = 347,88 \text{ мг кислоты.}$$

Требуемый объем кислоты на нейтрализацию избыточной щелочности в 1 л воды составит

$$\frac{347,88}{1000 \cdot 1,19} = 0,292 \text{ мл, т.е. 292 мл на 1 м}^3.$$

1.4. Контрольные задания и задачи

1. Определить средневзвешенную влажность и сорность зерна, если на склад поступили следующие партии зерна:

Масса партии, кг	Вариант							
	W_i %	C_i %	W_i %	C_i %	W_i %	C_i %	W_i %	C_i %
	1	2	3	4	5	6	7	8
4000	14,0	0,5	15,0	1,2	14,8	0,8	13,2	1,0
2000	13,5	1,0	14,0	1,0	14,0	0,7	14,2	0,5
1500	14,5	0,8	14,5	1,5	15,0	0,5	14,8	0,8
1800	14,2	1,2	15,3	1,7	13,7	1,0	14,5	1,2
	5	6	7	8	9	10	11	12
1000	14,8	0,8	13,2	1,0	15,0	1,0	14,5	0,5
4500	14,0	0,7	14,2	0,5	13,7	0,8	14,2	0,7
1500	15,0	0,5	14,8	0,8	14,2	0,5	14,4	1,0
2000	13,7	1,0	14,5	1,2	14,0	1,1	13,7	0,9
2000	13,5	1,5	14,0	1,3	14,7	0,6	15,6	2,0
	9	10	11	12	13	14	15	16
3000	14,5	0,2	14,0	1,0	14,0	0,5	15,0	1,2
3500	15,0	0,4	14,2	1,2	13,5	1,0	14,0	1,0
2500	15,2	1,0	14,7	1,4	14,5	0,8	14,5	1,5
4000	13,9	0,5	14,9	0,8	14,2	1,2	15,3	1,7
	13	14	15	16	17	18	19	20
1700	15,0	1,0	14,8	0,8	13,2	1,0	15,0	0,9
1200	13,7	0,8	14,0	0,7	14,2	0,5	14,5	0,8
2100	14,2	0,5	15,0	0,5	14,8	0,8	14,2	1,0
1500	14,0	1,1	13,7	1,0	14,5	1,2	15,1	1,1
1500	14,7	0,6	13,5	1,5	14,0	1,3	14,8	1,2
	17	18	19	20	21	22	23	24

10000	15	0,4	14,0	1,0	14,5	0,5	14,6	0,7
15000	14,5	0,5	14,2	1,2	14,2	0,7	14,8	0,9
8500	14,8	0,9	14,7	1,4	14,4	1,0	14,2	0,5
7000	15,5	1,2	14,9	0,8	13,7	0,9	15	1,0

2. Определить убыль массы зерна и массу зерна после хранения, если исходная масса (M), влажность и сорность зерна (W , C), а также влажность и сорность его после хранения (W_I , C_I) приведены в таблице.

M , кг	Вариант									
	1–4		1		2		3		4	
	W , %	C , %	W_I , %	C_I , %	W_I , %	C_I , %	W_I , %	C_I , %	W_I , %	C_I , %
200	14,2	1,0	13,5	0,8	14,0	1,5	13,0	0,4	14,6	0,6
	5–8		5		6		7		8	
450	15,5	0,6	15,7	0,8	13,2	0,5	13,7	0,4	15,0	1,0
	9–12		9		10		11		12	
600	17,0	1,2	13,1	1,0	14,0	0,5	12,5	1,5	14,5	0,9
	13–16		13		14		15		16	
750	14,0	2,0	12,0	1,5	14,7	0,5	13,5	1,2	12,7	1,0
	17–20		17		18		19		20	
1550	15,0	1,7	14,3	1,5	13,5	1,0	14,0	1,3	15,2	0,9

3. Известна общая щелочность воды и содержание в ней ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} (см. таблицу).

- 1) Рассчитать кальциевую и магниевую жесткость воды в мг–экв/л и ммоль/л.
- 2) Рассчитать общую жесткость в мг–экв/л и ммоль/л; отнести воду к определенному типу жесткости.
- 3) Рассчитать показатель пригодности воды по щелочности и сделать вывод о влиянии данного типа воды на pH затора.

4) Рассчитать отношение ионов $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ и сделать вывод о влиянии воды на вкусовые качества пива.

5) Для производства каких сортов пива можно использовать эту воду без предварительной водоподготовки?

Вариант	Содержание, мг/л		Щ_o , мг–экв/л	Вариант	Содержание, мг/л		Щ_o , мг– экв/л
	Ca^{2+}	Mg^{2+}			Ca^{2+}	Mg^{2+}	
1	225	40	8	11	150	40	2
2	120	5	4	12	100	20	1
3	120	25	8	13	30	25	5
4	90	5	5	14	215	50	7
5	75	18	6	15	150	60	10
6	7	2	0,5	16	50	10	12
7	200	60	5,5	17	45	45	3,5
8	16	3	0,8	18	60	45	4,7
9	40	20	17,5	19	57	17	2,9
10	60	30	14	20	48	23,5	2,2

4. Вода имеет следующие показатели (см. таблицу). Рассчитать объем кислоты, который нужно внести для исправления щелочности воды (в мл на 1 м³).

Вариант	Показатели качества воды		Показатели кислоты, применяемой для исправления щелочности		
	Содержание Са ²⁺ , мг/л	Щ _о , мг-экв/л	название	концентрация, %	плотность, г/см ³
1	150	10	соляная	37	1,19
2	200	12			
3	265	17			
4	180	10			
5	257	14			
6	130	7			
7	165	10	молочная	40	1,1
8	230	12			
9	320	17,5			
10	180	10			
11	270	14			
12	117	7			
13	150	10	серная	98	1,8
14	200	12			
15	280	17,5			
16	180	10			
17	250	14			
18	120	7			
19	50	3,2			
20	120	7,5			

2. ТЕХНОЛОГИЯ СОЛОДОВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Основными стадиями производства пивоваренного солода являются: вторичная очистка и сортирование ячменя, замачивание, проращивание зерна, сушка свежепроросшего солода, удаление ростков и выдерживание сухого солода.

2.1. Технологические расчеты на стадии замачивания

Цель замачивания состоит в удалении пыли и легких сорных примесей, дезинфекции зерна и активизации жизненных процессов в зерне. Замачивание осуществляется одним из следующих способов: воздушно–водяное, оросительное, воздушно–оросительное, замачивание в непрерывном токе воды и воздуха, замачивание с продолжительными воздушными паузами и перезамачивание.

2.1.1. Основные расчетные формулы и справочные материалы

Приблизительный объем замочного чана можно установить из условия, что на 1 т замачиваемого ячменя требуется 2,2–2,4 м³ объема аппарата. Более точно объем замочного аппарата можно определить по формуле

$$V = 1,5G/\rho, \quad (11)$$

где G — масса одновременно замачиваемого ячменя, кг; ρ — насыпная плотность зерна, кг/м³; 1,5 — коэффициент, учитывающий увеличение объема ячменя к концу замачивания на 40–50% и необходимый запас вместимости аппарата (5–10%) во избежание выброса зерна и воды при мойке и перекачивании зерна.

По приложению 2 подбирают подходящий замочной аппарат и определяют его геометрические размеры. Если вместимость одного аппарата недостаточна, принимают к установке несколько замочных аппаратов. При

этом в каждом порядке аппаратов предусматривают 1 запасной аппарат.

Примерный расход воды и сжатого воздуха на замачивание находят, пользуясь приложениями 3 и 4, в зависимости от способа замачивания. Расход воздуха определяют при нормальном давлении (0,1 МПа). Пересчет объема сжатого воздуха рабочего давления на объем при нормальных условиях ведут по формуле

$$V_n = \frac{V_p \cdot \rho_p}{\tau \cdot \rho_n},$$

(12)

где V_p — объем потребляемого сжатого воздуха при рабочем давлении, м³; ρ_p и ρ_n — плотность воздуха соответственно при рабочем и нормальном давлении, кг/м³; τ — продолжительность операции, ч.

2.1.2. Задания и задачи

1. Рассчитать и подобрать замочной чан для одновременного замачивания 7 т ячменя в сутки. Определить примерный расход воды на замачивание. Замачивание воздушно–водяное, трехсуточное. Средняя натура перерабатываемого ячменя 650 кг/м³.

2. В условиях задачи 1 рассчитать примерный расход воды на замачивание зерна при воздушно–оросительном замачивании и при замачивании в непрерывном токе воды и воздуха.

3. График проведения воздушно–водяного замачивания приведен в таблице. Определить примерный расход воздуха на проведение замачивания. Расчет провести при нормальном давлении на 1 т замачиваемого зерна.

4. На мойку 24 т ячменя затрачено 120 м³ сжатого воздуха давлением 0,15 МПа. Пересчитать этот объем на объем при нормальном давлении и сравнить с нормативным. Продолжительность продувки зерна во время мойки составила 20 мин.

5. Замочное отделение для трехсуточного воздушно–водяного замачивания ячменя оборудовано 4 замочными чанами емкостью 30 м³.

Определить суточный расход воды в отделении.

6. Замачивание ячменя проводится по графику, приведенному в таблице. Как изменится расход свежей воды на замачивание, если на первичную мойку зерна использовать замочную воду, сливаемую из аппаратов после водяного замачивания?

2.2. Определение расхода воздуха на проветривание зерна

Проращивают ячмень в ящичных солодовнях типа «передвижная грядка», барабанных солодовнях, непрерывных и статических солодорастильных установках. Обязательным условием солодоращения является подвод к прорастающему зерну необходимого количества кондиционированного воздуха и отвод диоксида углерода, образующегося при дыхании зерна. Кроме того, зерно необходимо периодически ворошить во избежание слеживания и срастания корешков.

2.2.1. Основные расчетные формулы и справочные материалы

Для определения количества кондиционированного воздуха, который необходимо подать в солодовню, составляют тепловой баланс солодовни (см. таблицу 6).

Таблица 6. Тепловой баланс солодовни

Приход тепла	Расход тепла
Тепло, вносимое в аппарат с замоченным зерном, кДж $Q_1 = M_{зз} c_{зз} t_1$	Тепло, выносимое из аппарата с солодом, кДж $Q_5 = M_{nc} c_{nc} t_2$
Тепло, выделяемое при проращивании зерна, кДж $Q_2 = q M_{nd}$	Тепло, выносимое из аппарата отработавшим воздухом, кДж $Q_6 = L I_o$
Теплота самого аппарата при загрузке, кДж $Q_3 = M_a c_a t_1$	Теплота самого аппарата при выгрузке, кДж $Q_7 = M_a c_a t_2$
Тепло, вносимое в аппарат с воздухом, кДж $Q_4 = L I_k$	Потери тепла в окружающую среду, кДж $Q_8 = \alpha F \Delta t \tau$

В таблице приняты следующие обозначения:

$M_{зз}$ и M_{nc} — масса замоченного ячменя и свежепроросшего солода, кг;

t_1 и t_2 — температура зерна при загрузке и солода при выгрузке, °С;

$c_{зз}$ и c_{nc} — удельная теплоемкость зерна и солода, кДж/(кг·К);

q — удельное количество теплоты, выделяемой при проращивании зерна на 1 кг потерь сухих веществ, кДж; при приближенных расчетах $q=17982$ кДж/кг; для точных расчетов количества выделяемой теплоты используют формулу профессора И.Я. Веселова

$$q = \frac{a q_a - (b q_b + c q_c)}{a - (b + c)},$$

где a, b, c — количество ячменя, солода и ростков, кг; q_a, q_b, q_c — теплота сгорания ячменя, солода и ростков; для некоторого определенного сорта ячменя эти величины соответственно составляют 17848, 17940 и 18422 кДж/кг;

M_{nd} — потери сухих веществ на дыхание при проращивании, кг;

M_a — масса частей аппарата (барабана или ящика), нагреваемых при

солодоращении, кг;

C_a — удельная теплоемкость материала аппарата, кДж/(кг·К);

I_k и I_o — энтальпия кондиционированного и отработавшего воздуха, кДж/кг;

L — расход воздуха на проветривание солода, кг;

α — коэффициент теплоотдачи от поверхности солода в окружающую среду (или от поверхности барабана для барабанных солодовен), 25,12 Вт/(м²·ч·К).

F — площадь поверхности барабана или открытой поверхности солода в ящиках, м²;

Δt — разность температур солода и воздуха в помещении солодовни, °С;

τ — продолжительность проращивания солода, ч.

Итак, уравнение теплового баланса пневматической солодовни будет иметь вид

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + LI_k = Q_5 + LI_o + Q_7 + Q_8.$$

Так как теплота аппарата при разгрузке Q_7 мало отличается от теплоты его при загрузке Q_3 , исключим эти составляющие и решим уравнение относительно L . В результате получим

$$L = \frac{Q_1 + Q_2 - Q_5 - Q_8}{I_o - I_k}.$$

(13)

2.2.2. Пример

Рассчитать примерный расход воздуха на проветривание 16 т ячменя в солодовне с передвижной грядкой при следующих условиях: влажность исходного (очищенного) ячменя 13,5%, влажность замоченного ячменя 45%, влажность свежепроросшего солода 44%, температура замоченного ячменя 12°С, конечная температура свежепроросшего солода 15°С, средняя температура солода 16°С, температура воздуха в солодовне 14°С, высота слоя замоченного зерна 0,6 м, продолжительность проращивания солода 8 суток.

Параметры кондиционированного и отработанного воздуха приведены в таблице 7.

Таблица 7. Параметры кондиционированного и отработанного воздуха

Параметры	Воздух	
	кондиционированный	отработанный
Температура, °С	12	16
Влажность, %	98	84

Решение. Массу сухих веществ сортированного ячменя можно рассчитать по формуле

$$M_{я}^{CB} = M_{я} - W_{я}, \quad (14)$$

где $M_{я}$ — масса сортированного ячменя, кг; $W_{я}$ — масса воды, содержащейся в ячмене, кг.

При влажности сортированного ячменя 13,5% масса сухих веществ в нем составит

$$M_{я}^{CB} = 16000 - 16000 \cdot 0,135 = 13840 \text{ кг.}$$

Суммарные потери сухих веществ при замачивании (Π_3) складываются из потерь на сплав (1%) и на выщелачивание (0,6%), т.е. составляют 1,6%. Поэтому масса сухих веществ в ячмене после замачивания

$$M_{зя}^{CB} = M_{я}^{CB} \frac{100 - \Pi_3}{100} = \frac{13840 \cdot (100 - 1,6)}{100} = 13618,6 \text{ кг.} \quad (15)$$

Масса замоченного ячменя

$$M_{зя} = M_{зя}^{CB} \frac{100}{100 - W_{зя}} = \frac{13618,6 \cdot 100}{100 - 45} = 24761 \text{ кг,} \quad (16)$$

где $W_{зя}$ — влажность замоченного ячменя, %.

Потери сухих веществ на дыхание (Π_∂) при проращивании составляют 5,7%, поэтому масса потерь на дыхание будет

$$M_{n\partial} = M_{я}^{CB} \frac{П_{\partial}}{100} = \frac{13840 \cdot 5,7}{100} = 788,9 \text{ кг.}$$

(17)

Отсюда масса сухих веществ свежепроросшего солода

$$M_{nc}^{CB} = M_{зя}^{CB} - M_{n\partial} = 13618,6 - 788,9 = 12829,7 \text{ кг,} \quad (18)$$

а масса свежепроросшего солода при влажности его 44%

$$M_{nc} = M_{nc}^{CB} \frac{100}{100 - W_{nc}} = \frac{12829,7 \cdot 100}{100 - 44} = 22910 \text{ кг.}$$

(19)

Для расчета тепла, вносимого в солодовню с замоченным зерном, необходимо определить удельную теплоемкость зерна. Удельную теплоемкость всякого влажного продукта можно определить как средневзвешенную величину удельных теплоемкостей сухих веществ данного продукта и воды по формуле

$$c = c^{CB} X + c_{\text{в}} (1 - X),$$

(20)

где c^{CB} и $c_{\text{в}}$ — удельная теплоемкость сухих веществ и воды соответственно, кДж/(кг·К); X — массовая доля сухих веществ во влажном продукте.

Удельная теплоемкость сухих веществ зерна или солода для ячменя, овса, проса и ржи составляет 1,423 кДж/(кг·К), для пшеницы 1,51 кДж/(кг·К). Удельная теплоемкость воды составляет 4,19 кДж/(кг·К). Подставив все необходимые значения в формулу (20), найдем

$$c_{зя} = 1,423 \cdot 0,55 + 4,19 \cdot 0,45 = 2,668 \text{ кДж/(кг·К).}$$

Тепло, вносимое в солодовню с замоченным зерном

$$Q_1 = M_{зя} c_{зя} t_1 = 24761 \cdot 2,688 \cdot 12 = 798690 \text{ кДж.}$$

Аналогично рассчитаем удельную теплоемкость свежепроросшего солода и тепло, выносимое из солодовни со свежепроросшим солодом:

$$c_{зя} = 1,423 \cdot 0,56 + 4,19 \cdot 0,44 = 2,64 \text{ кДж/(кг·К)};$$

$$Q_5 = M_{nc} c_{nc} t_2 = 22910 \cdot 2,64 \cdot 15 = 907236 \text{ кДж.}$$

Тепло, выделяющееся при проращивании солода, составляет

$$Q_2 = q M_{nd} = 17982 \cdot 788,9 = 14186000 \text{ кДж.}$$

Потери тепла в окружающую среду происходят преимущественно с открытой поверхности солода. Площадь открытой поверхности солода можно принять примерно равной площади сит солодовни. Замоченный ячмень будет иметь объем

$$V_{зя} = M_{зя} / \rho_{зя} = 24761 / 660 = 37,5 \text{ м}^3,$$

где 660 — объемная масса замоченного ячменя, кг/м³ (см. приложение 1).

Высота слоя замоченного зерна по условию составляет 0,6 м, следовательно, замоченный ячмень будет занимать площадь $F = 37,5 / 0,6 = 62,5$ м². Отсюда потери тепла в окружающую среду составят

$$Q_8 = 25,12 \cdot 62,5 \cdot (16 - 14) \cdot 8 \cdot 24 = 602880 \text{ кДж.}$$

Энтальпию кондиционированного и отработанного воздуха можно определить по формуле

$$I = c_{взд} t + c_n t x \varphi + r x \varphi, \quad (21)$$

где $c_{взд}$ — удельная теплоемкость абсолютно сухого воздуха (1,005 кДж/(кг·К)); c_n — удельная теплоемкость водяного пара (1,88 кДж/(кг·К)); t — температура воздуха, °С; x — влагосодержание влажного воздуха, кг/кг (определяется по диаграмме $I-x$ или по приложению 5); r — теплота испарения воды при 0°С (2500 кДж/кг); φ — относительная влажность воздуха, доли единицы.

Подставив соответствующие значения для кондиционированного и отработанного воздуха, получим:

$$I_k = 1,005 \cdot 12 + 1,88 \cdot 12 \cdot 0,0089 \cdot 0,98 + 2500 \cdot 0,0089 \cdot 0,98 = 34,06 \text{ кДж/кг};$$

$$I_o = 1,005 \cdot 16 + 1,88 \cdot 16 \cdot 0,01159 \cdot 0,84 + 2500 \cdot 0,01159 \cdot 0,84 = 40,71 \text{ кДж/кг.}$$

Все вычисленные значения подставляем в выражение (13)

$$L = \frac{798690 + 14186000 - 907236 - 602880}{40,71 - 34,06} = 2026252 \text{ кг.}$$

Объемный расход воздуха за весь период солодоращения составит

$$V = L/\rho = 2026252/1,239 = 1635393 \text{ м}^3,$$

где 1,239 — плотность воздуха при нормальном давлении и температуре 12°C, кг/м³.

При восьмисуточном проращивании проветривание солода проводится в течение 6,5 суток, т.е. удельный часовой расход воздуха на проветривание составит

$$v = \frac{V}{6,5 \cdot 24 \cdot M_{\text{я}}} = \frac{1635393}{156 \cdot 16} = 655,2 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

2.3. Определение показателей работы солодовни

При производстве солода неизбежны технологические потери. Из-за больших изменений, которые претерпевает объем и масса зерна в процессе переработки на солод, потери сухих веществ сложно учитывать. Обычно потери при солодоращении вычисляют по разности между массой сортированного ячменя, поступающего на замачивание, и массой готового выдержанного солода. Эти потери можно условно разделить на истинные и кажущиеся. Кажущиеся потери возникают из-за разницы во влажности ячменя и готового солода. Истинные потери — это потери на сплав, выщелачивание, дыхание и образование ростков.

Количество потерь зависит от сорта вырабатываемого солода, качества исходного зерна, режима замачивания и проращивания.

2.3.1. Расчетные формулы и справочные материалы

Суммарные потери при солодоращении

$$П = M_{\text{я}} - M_{\text{вс}},$$

(21)

где $M_{я}$ и $M_{вс}$ — масса сортированного ячменя и выдержанного солода соответственно, кг.

Истинные потери определяют продуктовым расчетом или учитывая сухие вещества сортированного ячменя и готового солода:

$$P_u = M_{я}^{CB} - M_{вс}^{CB}.$$

(22)

Потери можно также определить как разницу между 100% и выходом солода на сухое вещество (B^{CB}), который рассчитывается по формуле

$$B^{CB} = \frac{M_{вс}(100 - W_{вс})100}{M_{я}(100 - W_{я})},$$

(23)

где $W_{я}$ и $W_{вс}$ — соответственно влажность сортированного ячменя и готового выдержанного солода, %.

Оценить качество работы солодовни можно, сравнивая плановый выход солода с фактическим, рассчитанным по уравнению (23). Плановый выход солода определяется по формуле

$$B_{пл}^{CB} = B_{баз}^{CB} \pm \Delta C_k \pm \Delta C_n,$$

(24)

где $B_{баз}^{CB}$ — базисный выход солода на сухое вещество, принятый при крупности ячменя 60%, массовой доле белковых веществ в ячмене 11,0% на сухое вещество и продолжительности проращивания 7 суток (87,6%); ΔC_k — уточнение на качество сортированного ячменя, %; ΔC_n — уточнение на продолжительность солодоращения, %. Поправки ΔC_k и ΔC_n определяют по таблицам 8 и 9.

Таблица 8. Уточнения базисного выхода солода на качество сортированного ячменя

Содержание белка, %CB	ΔC_k (%) при крупности ячменя, %					
	40–	51–	60–	65–	71–	

	50	59	64	70	85	6–90
9,0–10,5	–0,4	–0,1	+0,1	+0,3	+0,5	0,6
10,6–11,4	–0,5	–0,2	0	+0,2	+0,4	0,5
11,5–12,0	–0,6	–0,3	–0,1	+0,1	+0,3	0,4
12,1–13,5	–0,7	–0,4	–0,2	–0,1	+0,1	0,2

Таблица 9. Уточнения базисного выхода солода на продолжительность проращивания

ΔC_n (%) при продолжительности проращивания, сут			
5	6	7	8
+1,5	+1	0	-0,8

2.3.2. Пример

Определить общие, кажущиеся и истинные потери при солодоращении, если за отчетный период было переработано 5000 кг ячменя влажностью 14,2% и крупностью 65% и получено 3900 кг готового солода влажностью 5%. Содержание белка в исходном ячмене составляло 11,6%. Солодоращение восьмисуточное.

Решение. Общие потери определяем по формуле (21)

$$П = 5000 - 3900 = 1100 \text{ кг.}$$

Истинные потери находим как разницу между массой сухих веществ сортированного ячменя и готового солода

$$П_{и} = 5000 \frac{100 - 14,2}{100} - 3900 \frac{100 - 5}{100} = 585 \text{ кг.}$$

Таким образом, кажущиеся потери составляют

$$П_{к} = 1100 - 585 = 515 \text{ кг.}$$

Выход солода на сухое вещество за отчетный период найдем по формуле (23)

$$B^{CB} = \frac{3900 \cdot (100 - 5) \cdot 100}{5000 \cdot (100 - 14,2)} = 86,36 \%,$$

тогда потери сухих веществ составят $П_{и} = 100 - 86,36 = 13,64 \%$.

Плановый выход солода установим по формуле (24) с учетом поправок, найденных по таблицам 8 и 9:

$$B_{пл}^{CB} = 87,6 + 0,1 - 0,8 = 86,9 \%.$$

Сравнение планового и фактического выходов солода дает

возможность установить, что за отчетный период солодовней произведено солода меньше на 0,54%.

2.4. Контрольные задания и задачи

1. Определить выход свежепросоженного солода из сортированного ячменя при следующих исходных данных:

Параметр	Вариант									
										0
$V_{я}, \%$	4	4,5	5	5,5	4,8	0	2	2,5	4,2	0,5
$V_{зя}, \%$	3		5		6		7		8	
$V_{пс}, \%$	2		3		4		4,5		5	
$A_{я}, T$	0				5				8	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$V_{я}, \%$	1	1,5	3	3,5	3,8	6	4	3,5	4,7	3
$V_{зя}, \%$	3		5		4		5		3	
$V_{пс}, \%$	2		3		2		3		2	
$A_{я}, T$	8		5				8			

2. Определить примерный расход воздуха на проветривание зерна в солодовне с передвижной грядкой в условиях задачи 1. Дополнительные данные для расчета приведены в таблице.

Параметры	Вариант			
	1–5	6–10	11–15	16–20
Параметры кондиционированного воздуха				
Температура, °С	12			
Влажность, %	98		99	
Объемная масса, кг/м³	1,23			
Параметры отработанного воздуха				
Температура, °С	16		17	
Влажность, %	85		82	
Температура замоченного ячменя, °С	12	11	13	14
Конечная температура солода, °С	15		16	
Средняя температура солода, °С	16		17	
Температура воздуха в солодовне, °С	14		16	
Высота слоя замоченного зерна, м	0,5	0,6	0,7	0,8

Продолжительность проращивания, сут	8
-------------------------------------	---

3. Определить общие, кажущиеся и истинные потери при солодоращении по данным, приведенным в таблице. Оценить качество работы солодовни.

Вар.	Исходный ячмень				Готовый солод		Продолжительность солодоращения, сут
	$M_{я}$, кг	$W_{я}$, %	Крупность, %	Белок, % СВ	$M_{сс}$, кг	$W_{сс}$, %	
1	2000	14,2	60	11	1600	4,8	8
2		15	63	11,4		5	7
3		13,2	56	12,1		4,5	7
4		14	66	9,5		4	7
5	4500	14,5	68	10	3500	4,3	7
6		14,8	71	10,5		4,5	8
7		15	54	9		5	8
8		14,5	66	11,7		5,2	8
9	8000	14,1	68	12	6120	4,5	6
10		13,5	75	12,5		5	6
11		13,2	58	11,8		5,3	6
12		14,3	60	11,5		5,5	5
13	5600	14	67	12,2	4200	6	5
14		14,5	59	12,3		4,9	6
15		13,9	69	9,8		5,1	7
16		14,5	65	10,1		5,7	7
17	12 000	14,4	72	9,7	9500	5,2	8
18		14,1	70	10,4		4,8	8
19		13,5	71	12		5,8	7
20		14	77	11,2		6	7

3. ТЕХНОЛОГИЯ ПИВОВАРЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

3.1. Технологические расчеты на стадии затираания

Смесь зернопродуктов с водой называется **затором**, масса зернопродуктов, загружаемая в заторный аппарат, — **засыпью**, количество воды, расходуемое на приготовление затора — **наливом**. Отношение массы засыпи к общему количеству воды, используемой на затираание, называют **гидро модулем**. Практически гидро модуль составляет от 1:3,5 до 1:4.

Затираание производится настойным или отварочным способом. Иногда используют специальные способы затираания. Их применяют с целью увеличения выхода экстрактивных веществ, понижения конечной степени сбраживания или улучшения качества пива.

3.1.1. Основные расчетные формулы и справочные материалы

Рецептуры засыпей некоторых сортов пива приведены в приложении 6. Объем воды (в л на 100 кг зернопродуктов), необходимой для приготовления затора, можно определить по формуле

$$V = \frac{E(100 - B)}{B},$$

(25)

где E — экстрактивность лабораторного сусла, %; B — желаемая концентрация первого сусла, %.

Начальную температуру затора, устанавливающуюся после смешивания солода и воды, вычисляют по уравнению теплового баланса

$$Q_c + Q_в = Q_z,$$

(26)

где Q_c , $Q_в$ и Q_z — соответственно теплота солода (зернопродуктов), воды и затора, кДж.

Уравнение (26) можно переписать в виде

$$M_c t_c c_c + M_6 t_6 c_6 = M_3 t_3 c_3$$

и выразить из него температуру затора:

$$t_3 = \frac{M_c t_c c_c + M_6 t_6 c_6}{M_3 c_3},$$

(27)

где M_c , M_6 и M_3 — соответственно масса солода (зернопродуктов), воды и затора, кг; t_c , t_6 и t_3 — соответственно температура солода, воды и затора, °C; c_c , c_6 , c_3 — соответственно удельная теплоемкость солода, воды и затора, кДж/(кг·K).

Удельную теплоемкость солода, несоложенных зернопродуктов и затора можно вычислить по уравнению (20).

Расход пара известных параметров (температуры, давления) на приготовление затора можно также определить, пользуясь уравнениями теплового баланса. Например, количество тепла, требуемое для нагрева заторной массы до некоторой температуры, можно определить по формуле

$$Q = M_3 c_3 (t_2 - t_1),$$

(28)

где t_1 и t_2 — соответственно начальная и конечная температуры затора, °C.

Если греющий пар только конденсируется, то количество тепла, которое он отдает заторной массе, равно

$$Q = Gr,$$

(29)

где G — расход пара, кг; r — удельная теплота парообразования, кДж/кг.

В том случае, если конденсат охлаждается, количество тепла, передаваемое заторной массе, будет

$$Q = Gr + Gc_k(t_n - t_{kk}),$$

(30)

где c_k — удельная теплоемкость конденсата при средней температуре между температурой насыщенного пара и конечной температурой конденсата,

кДж/(кг·К); t_n — температура насыщенного пара, °С; t_{kk} — конечная температура конденсата, °С.

В случае приготовления затора отварочным способом объем отварки ($V_{отв}$) определяется по формуле

$$V_{отв} = \frac{V_z(t_1 - t_0)}{95 - t_0},$$

(31)

где t_1 — температура фазы затирания, на которую планируется перевести затор после возврата отварки, °С; t_0 — температура основной части затора, °С; V_z — объем затора, дал (гл).

3.1.2. Примеры

Пример 1. Рассчитать объем воды, необходимый для приготовления затора для Рижского пива, если единовременная засыпь составляет 3000 кг, экстрактивность лабораторного сусла 72%, а желаемая плотность первого сусла 15%. Какую начальную температуру будет иметь затор, если солод на затирание поступает с температурой 12°С и смешивается с водой, имеющей температуру 56°С?

Решение. По приложению 6 находим, что засыпь для Рижского пива состоит из 100% светлого ячменного солода. По формуле (25) определяем объем воды в л на каждые 100 кг солода

$$V = \frac{72 \cdot (100 - 15)}{15} = 408.$$

Далее с помощью пропорции рассчитываем полный объем налива (V_n)

$$V_n = \frac{3000 \cdot 408}{100} = 12240 \text{ л.}$$

Удельную теплоемкость солода, имеющего влажность 5% (см. приложение 1), определяем по формуле (20)

$$c_c = 1,423 \cdot 0,95 + 4,19 \cdot 0,05 = 1,56 \text{ кДж/(кг·К).}$$

Для определения теплоемкости затора уравнение (20) запишем в виде

$$c_3 = \frac{c_c M_c + c_6 M_6}{M_3},$$

(32)

где c_c и c_6 — соответственно удельные теплоемкости солода и воды, кДж/(кг·К); M_c , M_6 и M_3 — соответственно масса солода, воды и затора, кг.

В данном конкретном случае для расчета удельной теплоемкости затора удобнее оперировать массами, а не массовыми долями. Подставив необходимые величины в формулу (32), получим

$$c_3 = \frac{1,56 \cdot 3000 + 4,19 \cdot 12240}{3000 + 12240} = 3,672 \text{ кДж/(кг·К)}.$$

Отсюда начальная температура затора

$$t_3 = \frac{3000 \cdot 12 \cdot 1,56 + 12240 \cdot 56 \cdot 4,19}{(3000 + 12240) \cdot 3,672} = 52^\circ\text{C}.$$

Пример 2. Определить расход пара избыточным давлением 0,245 МПа на затираание 3000 кг зернопродуктов в условиях задачи 1. Затираание производится настойным способом. Начальная температура воды, используемой для затираания, 10°C. Теплоту, отдаваемую паром, рассчитать при условии, что образующийся конденсат охлаждается до 100°C.

Решение. Тепло при проведении затираания расходуется на нагрев воды до температуры 56°C (Q_1) и на прогрев заторной массы от температуры 52°C до 75°C (Q_2). Рассчитаем теплоты по уравнению (28):

$$Q_1 = M_6 c_6 (t_2 - t_1) = 12240 \cdot 4,19 \cdot (56 - 10) = 2359138 \text{ кДж}.$$

$$Q_2 = M_3 c_3 (t_2 - t_1) = 15240 \cdot 3,672 \cdot (75 - 52) = 1287110 \text{ кДж}.$$

Поскольку образующийся конденсат охлаждается до 100°C, для определения расхода пара воспользуемся уравнением (30). По справочным таблицам (см. приложение 7) определяем, что удельная теплота парообразования для пара избыточным давлением 0,245 МПа составляет 2157,5 кДж/кг, а температура этого пара 137,4°C. Тогда требуется определить удельную теплоемкость конденсата при средней температуре $(137,4 + 100) \cdot 0,5 = 119^\circ\text{C}$. Она составляет 4,23 кДж/(кг·К) (см. приложение 8).

Отсюда расход пара на затираание составит

$$G = \frac{Q}{r + c_k(t_n - t_{kk})} = \frac{2359138 + 1287110}{2157,5 + 4,23 \cdot (137,4 - 100)} = 1574,6 \text{ кг.}$$

В пересчете на каждые 100 кг затираемых зернопродуктов это составит

$$G_{y\partial} = \frac{1574,6 \cdot 100}{3000} = 52,5 \text{ кг.}$$

3.1.3. Задания и задачи

1. Рассчитать состав засыпи для Жигулевского пива, если общая масса засыпи составляет 5500 кг.

2. Рассчитать объем воды, необходимый для приготовления затора в условиях задачи 1, если экстрактивность лабораторного сусла составляет 73,5%, а желаемая концентрация первого сусла 14%?

3. В условиях задач 1 и 2 определить начальную температуру затора, если зернопродукты поступают на затираание с температурой 12°C, а вода — с температурой 47°C. Какие ферменты будут активизироваться при этой температуре в заторе прежде всего?

4. На затираание поступает 1500 кг зернопродуктов, имеющих температуру 13°C. Какова должна быть температура воды, подаваемой в заторный котел, если гидромодуль затора 1:3,5, а начальная температура затора должна составлять 52°C?

5. Определить общий и удельный расход пара избыточным давлением 0,245 МПа на приготовление затора настойным способом в условиях задачи 4 при условии охлаждения конденсата до 100°C. Начальная температура технологической воды 15°C.

6. Какой объем затора необходимо отобрать на отварку после белковой паузы, если после возврата отварки планируется поднять температуру затора до 72°C? Объем затора 10,5 м³.

7. Рассчитать расход пара избыточным давлением 0,245 МПа на

приготовление затора одноотварочным способом. Единовременная засыпь 3000 кг, гидромодуль 1:4. Начальная температура технологической воды 15°C, температура солода 12°C, начальная температура затора 52°C. Отварку отбирают после белковой паузы в количестве 45% от массы затора. Во время кипячения отварки испаряется 2% воды. Расчет провести при условии, что конденсат греющего пара охлаждается до 100°C. КПД заторных аппаратов 0,95.

3.2. Технологические расчеты на стадии кипячения сусла с хмелем

При кипячении сусла с хмелем ценные вещества хмеля переходят в раствор, происходит инаktivация ферментов, коагуляция белков, стерилизация сусла и увеличение его концентрации до заданной плотности. Процесс кипячения продолжается 1,5–2,5 ч, за это время массовая концентрация сухих веществ в сусле возрастает на 1,6–2%. Часовое испарение воды составляет 8–12% от общего объема сусла.

3.2.1. Основные расчетные формулы

Количество сухих веществ в сусле до и после кипячения является величиной постоянной. Поэтому количество испарившейся в процессе кипячения воды (W) находят из уравнения материального баланса

$$MX_n = (M - W)X_k, \quad (33)$$

где M — начальная масса сусла, кг (т); X_n и X_k — концентрация сусла в начале и конце кипячения, массовые доли.

Выразим из уравнения (33) массу испаренной воды:

$$W = M(1 - X_n/X_k). \quad (34)$$

Для определения расхода пара на кипячение сусла пользуются уравнениями теплового баланса (28–30).

Зерновое сырье, применяемое для изготовления пива, не всегда обладает одинаковым качеством, из-за чего каждая следующая варка несколько отличается от предыдущей. Для выравнивания качества сусла и пива используют прием смешивания сусла одного сорта, но разных варок. Иногда смешивают сусло с различной начальной экстрактивностью для корректировки плотности. Материальный баланс в случае смешивания сусла различной плотности будет иметь вид

$$V_1 B_1 + V_2 B_2 = (V_1 + V_2) B_3, \quad (35)$$

где V_1 и V_2 — смешиваемые объемы сусла, л; B_1 и B_2 — концентрации смешиваемых сусел, %; B_3 — требуемая концентрация сусла, %.

3.2.2. Пример

Начальный объем сусла в сусловарочном аппарате $9,75 \text{ м}^3$. Плотность сусла $1033,9 \text{ кг/м}^3$. Начальная концентрация сухих веществ в сусле 9%; конечная — 11%. Рассчитать расход пара избыточным давлением $0,245 \text{ МПа}$ на кипячение сусла, при условии, что конденсат греющего пара охлаждается до 100°C . Начальная температура сусла 68°C . КПД сусловарочного аппарата 0,95.

Решение. Определим массу воды, испаряемой в процессе кипячения, по уравнению (34)

$$W = 9,75 \cdot 1033,9 \cdot (1 - 0,09/0,11) = 1833 \text{ кг}.$$

Удельную теплоемкость сусла с концентрацией сухих веществ 9% определим по формуле (20)

$$c_c = 1,423 \cdot 0,09 + 4,19 \cdot 0,91 = 3,94 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}.$$

Количество тепла, требуемое для нагревания сусла до температуры кипения, находим по формуле (28)

$$Q_1 = 9,75 \cdot 1033,9 \cdot 3,94 \cdot (100 - 68) = 1270953 \text{ кДж}.$$

Количество тепла, требуемое для испарения воды, найдем по

уравнению (29)

$$Q_2 = 1833 \cdot 2260 = 4142580 \text{ кДж.}$$

Расход греющего пара определим по уравнению (30)

$$G = \frac{Q}{r + c_k(t_n - t_{kk})} = \frac{(1270953 + 4142580) \cdot 1,05}{2157,5 + 4,23 \cdot (137,4 - 100)} = 2457,8 \text{ кг.}$$

3.2.3. Задания и задачи

1. Определить количество воды, выпариваемой при варке сусла, если начальная концентрация сухих веществ 11%, конечная — 13%, а количество сусла в котле на момент начала кипячения составляло $19,3 \text{ м}^3$.

2. Кипячение сусла продолжалось 2 ч. За это время испарилось 5062 кг воды. Какова была начальная концентрация сусла, если готовилось Рижское пиво? Начальная масса сусла 40493 кг.

3. В процессе кипячения $9,75 \text{ м}^3$ сусла с концентрацией сухих веществ 13,6% было выпарено 11% воды. Какова концентрация сусла в конце кипячения?

4. Рассчитать расход пара избыточным давлением 0,3 МПа на варку сусла для Мартовского пива, если начальная концентрация сухих веществ в сусле 12,7%. Начальная температура сусла 70°C , начальный объем сусла в котле $38,4 \text{ м}^3$. Расход пара определить при условии, что конденсат охлаждается до 100°C .

5. Рассчитать расход пара на приготовление сусла для пива «Московское» в варочном агрегате с единовременной засыпью 3000 кг. Начальная температура холодной воды 10°C , начальная температура затирания 52°C , способ затирания одноотварочный. Избыточное давление пара 0,4 МПа, конденсат отводится при температуре конденсации. Гидромодуль 1:4, расход воды на промывание пивной дробины 430 л на каждые 100 кг зернопродуктов.

6. Получено 1567 дал сусла с содержанием сухих веществ 12,5%. Сколько воды необходимо добавить в сусло, чтобы снизить его концентрацию до 12%?

7. Имеется 5200 дал сусла экстрактивностью 11%. Какой объем сусла экстрактивностью 20% необходимо добавить, чтобы получить сусло с содержанием сухих веществ 13,5%?

8. Какую концентрацию будет иметь смесь 2000 дал сусла

экстрактивностью 14% и 520 дал сусла экстрактивностью 11,5%?

9. Сколько воды необходимо добавить в сусло, полученное в задаче 3, если известно, что готовилось Самарское пиво?

3.3. Определение выхода экстракта в варочном цехе

Под выходом экстракта понимают количество растворимых веществ, перешедших в сусло из затертых зернопродуктов. В варочном цехе потери сусла происходят в солодовой и хмелевой дробине, кроме того, имеют место кажущиеся потери объема сусла в результате его сжатия при охлаждении.

Для оценки работы варочного цеха определяют выход экстракта за определенный период и сравнивают его со средневзвешенной экстрактивностью израсходованных зернопродуктов. Разница между средневзвешенной экстрактивностью сырья по данным лаборатории и выходом экстракта в варочном цехе должна составлять 1,6–2,2%. Более высокие потери указывают на необходимость усовершенствования технологических процессов дробления зернопродуктов, промывания дробины или затирания.

3.3.1. Расчетные формулы

Выход экстракта в варочном отделении рассчитывают по формуле

$$E = 0,96VBd/P,$$

(36)

где E — выход экстракта, %; V — объем горячего сусла, л; B — массовая доля сухих веществ в сусле, %; d — относительная плотность сусла при 20°C, кг/дм³; P — масса израсходованных зернопродуктов, кг; 0,96 — коэффициент, учитывающий уменьшение объема сусла при его охлаждении от 100 до 20°C и изменение объема за счет внесения хмеля и коагуляции белков.

Потери экстракта вычисляют по разности между массой экстрактивных веществ в затертых зернопродуктах и массовой долей сухих

веществ в сусле

$$P_9 = \frac{E_c P}{100} - \frac{0,96 V B d}{100},$$

(37)

где P_9 — потери экстракта в варочном цехе, кг; E_c — экстрактивность солода на сухое вещество, %; P — количество израсходованного солода, кг.

Потери экстракта, %

$$P_9 = E_c - E.$$

(38)

В случае использования в составе засыпи значительного количества несоложенных зернопродуктов или специальных солодов экстракт, вносимый с этими зернопродуктами учитывают отдельно. Если в состав засыпи входит сахар, то при расчетах его количество вычитают:

$$E = \frac{0,96 V B d - S}{P},$$

(39)

где S — масса сахара в составе засыпи, кг.

3.3.2. Задания и задачи

1. Рассчитать выход экстракта в варочном цехе, если при затирании 1250 кг солода получено 8750 л горячего сусла с содержанием сухих веществ 10,23% и относительной плотностью 1,041 кг/дм³.

2. Определить потери в варочном цехе, если из 3000 кг солода с экстрактивностью 76% было получено 15672 л горячего сусла с содержанием сухих веществ 14% и относительной плотностью 1,057 кг/дм³.

3. Определить потери в варочном цехе при изготовлении сусла для Жигулевского пива, если для затирания было израсходовано 1500 кг зернопродуктов и получено 9915 л горячего сусла концентрацией 11% и относительной плотностью 1,0399 кг/дм³. Экстрактивность использованного светлого солода составляла 75%, экстрактивность ячменя 72%.

4. Определить выход экстракта при изготовлении сусла для Самарского пива, если масса засыпи составляла 3000 кг. Было получено 14520 л сусла концентрацией 14,5%.

3.4. Технологические расчеты на стадии сбраживания

Классический процесс сбраживания пивного сусла принято делить на главное брожение и дображивание. Во время главного брожения сбраживается основное количество сахаров, содержащихся в сусле, образуется спирт, диоксид углерода и побочные продукты брожения. При дображивании в молодом пиве сбраживаются остаточные сахара, происходит осветление, созревание пива и насыщение его диоксидом углерода.

3.4.1. Основные расчетные формулы

О ходе брожения и количестве сброженного экстракта судят по степени сбраживания. Различают видимую и действительную степени сбраживания. Видимая степень сбраживания (CC_v) определяется с помощью сахарометра. Так как показания сахарометра искажаются из-за присутствия спирта, степень сбраживания называется видимой.

$$CC_v = \frac{(B - n)100}{B},$$

(40)

где B — массовая доля сухих веществ в начальном сусле, %; n — массовая доля видимого экстракта в сбраживаемом сусле, %.

Действительную степень сбраживания (CC_d) определяют после отгонки спирта и замены отогнанного количества спирта водой.

$$CC_d = \frac{(B - e)100}{B},$$

(41)

где e — массовая доля действительного экстракта в сбраживаемом сусле,

%.

Соотношение между видимой и действительной степенью сбраживания выражает формула

$$CC_{\partial} \approx 0,81CC_{\epsilon}.$$

(42)

Рабочий объем бродильного аппарата определяется по формуле

$$V = V_{xc}k / 0,9,$$

(43)

где V — полезная емкость бродильного аппарата, дал; V_{xc} — объем холодного сусла, получаемого с одной варки, дал; k — количество варок, направляемых в один бродильный чан ($k=1\div 4$); 0,9 — коэффициент заполнения бродильного аппарата суслом.

В ходе главного брожения выделяется тепло, количество которого зависит от интенсивности процесса брожения. При сбраживании 1 кг мальтозы выделяется 613,8 кДж тепла. В конце главного брожения производят охлаждение молодого пива перед его перекачиванием в аппараты дображивания. Количество теплоты, которое необходимо при этом отвести, можно рассчитать по уравнению (28).

3.4.2. Задания и задачи

1. Начальное сусло с концентрацией сухих веществ 11,2% на восьмые сутки брожения имело массовую долю видимого экстракта 4,5%, а действительного экстракта — 5,75%. Рассчитать видимую и действительную степень сбраживания.

2. Московское пиво к моменту окончания главного брожения имело массовую долю видимого экстракта 5,2%. Рассчитать видимую и действительную степень сбраживания пива.

3. Определить требуемый объем аппарата главного брожения для одновременного сбраживания сусла с двух варок жигулевского пива. Единовременная засыпь зернового сырья 3000 кг.

4. Определить количество тепла, выделяющегося в процессе сбраживания 18,3 м³ сусла от 12 до 5,5% сухих веществ.

5. Определить количество тепла, которое нужно отвести от молодого пива при его охлаждении от 6 до 1,5°C. Объем пива 11 м³. Удельная теплоемкость молодого пива 4,006 кДж/(кг·К), плотность молодого пива 1,02 кг/дм³.

3.5. Контрольные задания и задачи

1. Условия проведения затирания приведены в таблице. Определить температуру воды, подаваемой на приготовление затора. Рассчитать общий и удельный расход пара на затирание настойным и одноотварочным способом при условии, что образующийся конденсат охлаждается до 100°C. Условия отбора и кипячения отварки принять аналогично задаче 7 (п 3.1.3). КПД заторных аппаратов принять 0,95.

Вар.	Начальная температура затирания, °С	Температура технологической воды, °С	Масса засыпи, т	Температура зернопродуктов, °С	Давление греющего пара, МПа	Гидро-модуль
1	37	10	0,5	12	0,245	1:4
2	42					
3	45	12	1,0			
4	52					
5	37	15	1,5	13		
6	42					
7	45	18	2,0			
8	52					
9	37	10	3,0	14	0,3	1:3,5
10	42					
11	45	12	4,0			
12	52					
13	37	15	5,5	15	0,4	1:4
14	42					
15	45	18	7,0			
16	52					
17	37	10	7,0	16		

18	42					
19	45	15	8,5			
20	52					

2. Кипячение сусла с хмелем проводится в условиях, описанных в таблице. Определить количество выпариваемой в процессе кипячения сусла воды и рассчитать расход пара на технологическую операцию. Давление греющего пара, условия отвода конденсата и КПД аппаратов принять аналогично задаче 1.

пар.	начальная концентрация сусла, %	начальная температура сусла, °С	Сорт пива	начальный объем сусла, м³
	1	0	Московское	,89
	0	8		
	2,5	0	Певское	
	3	8		
	2,1	5	Газанское	,5
	1,3	2		
	4	5	Раздничное	,5
	4,5	2		
		0	Столовое	,75
0	,8	8		
1	8,2	0	Ленинградское	
2	8	8		
3	3,6	5	Войное золотое	9,3
4	4	2		
5	8,1	5	Портер	
6	8,5	2		
7	1,7	0	Украинское	8,4
8	1	5		
9	5,5	0	Останкинское	
0	5	5		

4. ТЕХНОЛОГИЯ БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Основными способами приготовления безалкогольных напитков являются объемно–смесительный и синхронно–смесительный. По объемно–смесительному способу купажный сироп дозируется в бутылки, которые затем заполняются газированной водой до номинального объема. По синхронно–смесительному способу купажный сироп и деаэрированная вода смешиваются в определенных пропорциях в синхронно–смесительной установке и затем насыщаются углекислым газом. Напитки, приготовленные синхронно–смесительным способом, обладают более стабильными физико–химическими показателями и более высокой стойкостью.

4.1. Расчет компонентов сахарного сиропа и колера

Сахарный сироп входит в состав купажей безалкогольных и слабоалкогольных напитков, товарных сиропов, кваса. Различают белый и инвертный сахарный сироп. Белый сахарный сироп представляет собой концентрированный водный раствор сахарозы. В безалкогольном производстве используют сироп с концентрацией сухих веществ 60–65%. Инвертный сахарный сироп содержит, кроме сахарозы, инвертный сахар (смесь эквимолекулярных количеств глюкозы и фруктозы). Инвертирование сахарного сиропа проводят при температуре 70°C в присутствии органических кислот, например, лимонной. Для варки сахарного сиропа разрешается использовать промывные воды, содержащие сахар, и чистый брак напитков.

Колер — это водный раствор карамелизованной сахарозы. Его используют для подкрашивания товарных сиропов, безалкогольных напитков и кваса. Колер готовят при температуре 180–200°C в колероварочных котлах с электрообогревом. Для плавления сахара добавляют 2% воды, после расплавления сахара и побурения массы вносят дополнительно 8% воды от массы сахара. Содержание сухих веществ в готовом колере не менее 70±2%

массовых.

4.1.1. Примеры

Пример 1. Рассчитать расход компонентов на приготовление 500 л сахарного сиропа концентрацией 65%, если при варке сиропа испаряется 10% воды.

Решение. По приложению 10 находим, что сахарный сироп концентрацией 65% при 20°C имеет относительную плотность 1,319. Масса 500 л такого сиропа составит $500 \cdot 1,319 = 659,5$ кг. В соответствии с заданной концентрацией 100 кг сиропа должны содержать 65 кг сахара и 35 кг воды, а в пересчете на 500 л

$$659,5 \cdot 0,65 = 428,675 \text{ кг сахара,}$$

$$659,5 - 428,675 = 230,825 \text{ кг воды.}$$

Поскольку товарный сахар–песок имеет влажность 0,15%, фактически сахара необходимо задать

$$428,675 + \frac{428,675 \cdot 0,15}{100} = 429,32 \text{ кг.}$$

Воды с учетом потерь на испарение потребуется $230,825 \cdot 1,1 = 253,9$ кг.

Пример 2. Рассчитать расход компонентов на приготовление 100 кг колера с содержанием сухих веществ 70%, если потери при варке колера составляют 28% от массы сухих веществ сахара.

Решение. 100 кг готового колера с содержанием сухих веществ 70% будет содержать 70 кг сухих веществ. С учетом потерь при варке необходимо задать сухих веществ $70 \cdot 1,28 = 89,6$ кг. При влажности сахара 0,15% его понадобится

$$\frac{89,6 \cdot 100}{100 - 0,15} = 89,73 \text{ кг.}$$

Воды потребуется 10% от массы сахара, то есть $89,73 \cdot 0,1 = 8,97$ кг.

4.1.2. Задания и задачи

1. Рассчитать расход компонентов на приготовление 650 л сахарного сиропа концентрацией 62%. Потери воды при варке сиропа принять 10%.
2. Для варки сахарного сиропа с концентрацией сухих веществ 65% планируется использовать чистый брак напитка с содержанием сухих веществ 6% в количестве 25 л. Сколько сахара и воды требуется задать в сироповарочный котел, если объем приготавливаемого сиропа 100 л?
3. Для варки сахарного сиропа с концентрацией сухих веществ 62,5% применяют промывные воды с содержанием сухих веществ 3,2% в количестве 16 л. Сколько сахара и воды требуется задать в сироповарочный котел если объем приготавливаемого сиропа 250 л?
4. Рассчитать расход компонентов на приготовление 125 кг колера с содержанием сухих веществ 71,5%. Потери сухих веществ при варке колера принять 28%.
5. На варку колера взято 100 кг сахарного песка влажностью 0,15%. Рассчитать выход готового колера в кг, если он составляет 105% от количества сухих веществ сахара. Какова будет концентрация сухих веществ в готовом колере, если потери при варке составляют 28%?

4.2. Расчет компонентов купажного сиропа

Купажные сиропы готовят горячим, полугорячим и холодным способами. Горячий и полугорячий способы применяют при изготовлении напитков на натуральных соках и морсах. Холодный способ используют в случае применения пищевых эссенций, ароматизаторов, композиций и концентратов. Сырье и полуфабрикаты закладываются в купажный чан в соответствии с рецептурой в строго определенной последовательности. Готовый купажный сироп должен быть прозрачным, иметь хорошо выраженный вкус, цвет и аромат, характерный для изготавливаемого напитка.

4.2.1. Основные расчетные формулы

Сахар вводится в купаж в виде сахарного сиропа. Его необходимое количество в л вычисляют по формуле

$$V_{cc} = \frac{1000 S^{CB} Q}{100 B},$$

(44)

где S^{CB} — количество сухих веществ сахара на 100 дал напитка по рецептуре, кг; Q — объем напитка, подлежащий изготовлению, дал; B — содержание сахара в 1 л сиропа (определяется по приложению 10).

Количество вносимого в купажный сироп сока определяют с учетом его экстрактивности. Если экстрактивность имеющегося сока выше или ниже рецептурной, следует произвести пересчет нормы закладки сока. Вначале рассчитывают, сколько сухих веществ вносится в купажный сироп со стандартным соком по формуле

$$M_c^{CB} = \frac{V_p \cdot b}{100},$$

(45)

где M_c^{CB} — масса экстрактивных веществ стандартного сока, кг; V_p — объем сока, вносимый по рецептуре, л; b — содержание экстрактивных веществ в соке стандартного качества, г/100 мл.

Затем производят расчет объема имеющегося в распоряжении сока (V_ϕ), экстрактивность которого отличается от приведенной в рецептуре:

$$V_\phi = \frac{100 M_c^{CB}}{b_\phi},$$

(46)

где b_ϕ — фактическое содержание сухих веществ в соке, г/100 мл.

Если при изготовлении напитка сок заменяется экстрактом, то количество сухих веществ, вносимых с экстрактом, должно равняться количеству сухих веществ, вносимых по рецептуре с соком.

При расчете нормы внесения кислоты следует учитывать кислоту, вносимую со всеми полуфабрикатами, в том числе и с инвертным сахарным

сиропом. Кроме того, необходимо вносить поправку на нейтрализацию щелочности воды, используемой для приготовления напитка. При расчетах иногда возникает необходимость выражения кислотности напитка или полуфабриката по молочной, виннокаменной или другой кислоте. Это делают, исходя из того, что 1 г лимонной кислоты эквивалентен 1,17 г виннокаменной, 1,4 г молочной кислоты (в пересчете на 100%) и 0,5 г ортофосфорной кислоты.

Количество кислоты, вносимое в купажный сироп, определяют по формуле

$$L = L_0 - A + N ,$$

(47)

где L_0 — масса кислоты, необходимая для получения кислотности напитка, соответствующей рецептуре, кг; A — суммарная масса кислоты, вносимой в купажный сироп с полуфабрикатами, кг; N — масса кислоты, необходимой для нейтрализации щелочности воды, кг.

Для расчета массы кислоты, требуемой на нейтрализацию щелочности воды, необходимо определить объем воды, вводимой в напиток. Он определяется по разности объема напитка и объемов вносимых жидких полуфабрикатов (сока, вина, экстракта, сахарного сиропа).

Масса кислоты, требуемой для создания кислотности напитка, определяется исходя из его нормативных физико-химических показателей. При расчетах пользуются коэффициентом: 1 мл 1 н раствора NaOH эквивалентен 0,064 г лимонной, 0,075 г виннокаменной, 0,09 г молочной и 0,049 г ортофосфорной кислот.

4.2.2. Примеры

Пример 1. Для приготовления 100 дал напитка «Вишня» по рецептуре расходуется 95,53 л вишневого сока с концентрацией сухих веществ 11,4 г/100 мл. Сколько потребуется вишневого сока с содержанием экстрактивных веществ 10,8 г/100 мл для приготовления 250 дал такого напитка?

Решение. Количество сухих веществ, вносимое со стандартным вишневым соком на 100 дал напитка «Вишня» определим по формуле (45):

$$M_c^{CB} = \frac{95,53 \cdot 11,4}{100} = 10,89 \text{ кг.}$$

Определим фактический объем сока, который требуется внести на 100 дал напитка по формуле (46):

$$V_\phi = \frac{100 \cdot 10,89}{10,8} = 100,83 \text{ л.}$$

Для изготовления 250 дал напитка такого сока потребуется $100,83 \cdot 2,5 = 252,075 \text{ л.}$

Пример 2. Необходимо изготовить 100 дал напитка «Яблоко». Кислотность напитка согласно рецептуре составляет 2 мл 1 н раствора NaOH на 100 мл напитка. Напиток готовится с использованием натурального яблочного сока с кислотностью 12,5 мл 1 н раствора NaOH. На приготовление 100 дал напитка по рецептуре вносится 133,7 л сока и 65,7 кг сахара. Щелочность воды составляет 2,5 мг–экв/л. Рассчитать расход лимонной кислоты.

Решение. 2 мл 0,1 н раствора NaOH на 100 мл готового напитка соответствуют содержанию лимонной кислоты $2 \cdot 0,064 = 0,128 \text{ г/100 мл.}$ Т.е. 100 дал готового напитка «Яблоко» содержат $L_0 = 1,28 \text{ кг}$ лимонной кислоты.

Кислотность используемого в производстве яблочного сока составляет 12,5 мл 1 н раствора NaOH на 100 мл. Это соответствует содержанию лимонной кислоты в соке $12,5 \cdot 0,064 = 0,8 \text{ г/100 мл.}$ Т.е. с яблочным соком будет внесено лимонной кислоты $A = 8 \cdot 133,7 = 1069,6 \text{ г}$ или 1,07 кг.

Содержание воды в напитке находим по разности между объемом напитка и объемами сока и сахара. Объем раствора сахара определяем по формуле

$$V_{cc} = S^{CB} / \rho, \quad (48)$$

где S^{CB} — расход сухих веществ сахара на приготовление напитка, кг; ρ

— плотность сахарного раствора (1,56 кг/дм³).

Итак, на приготовление 100 дал напитка «Яблоко» расходуется
 $S^{CB}=65,7 \cdot 0,9985=65,6$ кг сухих веществ,

где 0,9985 — содержание сухих веществ в сахаре по ГОСТ 21–94, доли.

Следовательно, объем, занимаемый раствором сахара, будет

$$V_{cc} = 65,6 / 1,56 = 42,05 \text{ л.}$$

Тогда объем воды, требуемый для приготовления напитка, составит

$$V_{\text{в}} = 1000 - 42,05 - 133,7 = 824,25 \text{ л.}$$

Количество лимонной кислоты на нейтрализацию 100 дал воды щелочностью 2,5 мг–экв/л составит 160 г (см. приложение 11). Следовательно, на нейтрализацию вычисленного ранее объема воды потребуется кислоты

$$N = 824,25 \cdot 160 / 1000 = 131,88 \text{ г.}$$

Общий расход лимонной кислоты определим по формуле (47)

$$L = 1,28 - 1,07 + 0,132 = 0,342 \text{ кг.}$$

В пересчете на товарную лимонную кислоту это составит

$$L_m = 0,342 \cdot 100 / 90,97 = 0,376 \text{ кг,}$$

где 90,97 — содержание сухих веществ в товарной лимонной кислоте по ГОСТ 908–79Е, %.

4.2.3. Задания и задачи

1. Подлежит изготовлению 150 дал напитка «Байкал». На 100 дал такого напитка по рецептуре вносится 50,08 кг сахара с содержанием сухих веществ 99,85 %. Рассчитать объем сахарного сиропа концентрацией 67%, который требуется внести в купажный чан.

2. Расход апельсинового сока (содержание сухих веществ 9,2 г/100 мл) на приготовление 100 дал напитка «Цитрусовый» составляет 285 л. Сколько апельсинового сока с содержанием сухих веществ 8,5 г/100 мл потребуется внести в купаж при изготовлении 50 дал напитка?

3. На 100 дал напитка «Яблоко» по рецептуре расходуется 133,7 л яблочного сока с содержанием сухих веществ 9,8 г/100 мл и кислотностью 12,5 мл 1 н раствора NaOH на 100 мл сока. Сколько яблочного сока концентрацией 10,5 г/100 мл потребуется для изготовления 120 дал такого напитка? Сколько лимонной кислоты потребуется внести в купаж, если кислотность используемого сока составляет 12,8 мл 1 н раствора NaOH, а количество сахара по рецептуре составляет 65,7 кг на 100 дал? Кислотность готового напитка «Яблоко» — 2 мл 1 н раствора NaOH на 100 мл, щелочность воды, используемой в производстве 1,5 мг–экв/л.

4. Кислотность готового напитка «Лимон лайм» составляет 2,5 мл 1 н раствора NaOH на 100 мл. Какое количество лимонной кислоты требуется внести при изготовлении 150 дал напитка, если щелочность применяемой воды составляет 1 мг–экв/л, а напиток изготавливается с применением аспартама и ароматизаторов?

5. Расход лимонной кислоты на изготовление 100 дал напитка «Кола» составляет 0,4 кг. Какое количество ортофосфорной кислоты потребуется внести при изготовлении 185 дал напитка, если щелочность используемой воды 0,5 мг–экв/л? Расход сахара на приготовление 100 дал напитка равен 50,08 кг.

4.3. Расчет концентрации купажного сиропа

При использовании объемно–смесительного способа производства напитков рассчитывают дозу купажного сиропа на бутылку по формуле

$$D = BB_n / B_{kc},$$

(49)

где D — доза купажного сиропа на бутылку, мл; B — объем напитка в бутылке, мл; B_n и B_{kc} — содержание сухих веществ в 1 л готового напитка и купажного сиропа соответственно, г.

Рекомендуется в целях обеспечения более точной работы дозировочного автомата применять единую дозу купажного сиропа на бутылку для всего ассортимента выпускаемых напитков, например, 100 мл на 0,5 л. Для этого необходимо, преобразовав формулу (49), рассчитать требуемое содержание сухих веществ в купажном сиропе.

В случае синхронно–смесительного способа производства концентрация купажного сиропа должна обеспечивать стандартную концентрацию сухих веществ в напитке при смешивании в заданном соотношении, например, 1:5.

4.3.1. Задания и задачи

1. Содержание сухих веществ в готовом напитке 5,2 г/100 мл. Какую концентрацию должен иметь купажный сироп, если его дозируют в количестве 100 мл на 0,5 л изделия?

2. Содержание сухих веществ в готовом купажном сиропе 56 г/100 мл. Какова будет необходимая доза сиропа на бутылку емкостью 1 л, если содержание сухих веществ в готовом напитке должно составлять 4,2 г/100 мл? Какое количество воды необходимо добавить в купажный сироп, чтобы довести дозу купажного сиропа на бутылку до 200 мл?

3. Напиток с содержанием сухих веществ 7 г/100 мл готовится синхронно–смесительным способом. Купажный сироп смешивается с водой в соотношении 1:5. Какова должна быть концентрация купажного сиропа?

4.4. Контрольные задания и задачи

1. Рассчитать расход компонентов на приготовление сахарного сиропа концентрацией 65%, необходимого для изготовления Q дал напитка. Расход сахара (S) с содержанием сухих веществ 99,85% на 100 дал напитка приведен в нижеследующей таблице. Во время варки сиропа испаряется 10% воды.

2. Рассчитать расход компонентов на приготовление колера с

содержанием сухих веществ 70%, необходимого для изготовления Q дал напитка. Расход колера по рецептуре на 100 дал напитка приведен в таблице. Потери при варке колера составляют 28% от массы сухих веществ сахара.

3. Расход лимонной кислоты по рецептуре (L) и кислотность готового напитка (k) приведены в таблице. Определить фактический расход лимонной кислоты, если для изготовления напитка используется инвертный сахарный сироп, напитки готовятся на ароматизаторах, а вода, применяемая для изготовления напитка, имеет щелочность $Щ$.

4. Содержание сухих веществ в готовом напитке (C) приведено в таблице. Какова должна быть концентрация купажного сиропа, если в синхронно–смесительной установке купажный сироп смешивается с водой в соотношении 1:4 для четных вариантов и 1:5 для нечетных вариантов?

Вар.	Q , дал	S , кг	K , кг	L , кг	k , мл 0,1 н NaOH на 100 мл напитка	$Щ$, мг–экв/л	C , %
1	50	92,29	0,96	1,41	2,3	0,5	9,6
2	150					0,8	
3	200	32,00	1,02	1,41	2,3	1,5	3,5
4	250					1,2	
5	50	66,15	0,067	1,408	2,0	0,5	7,8
6	150					0,8	
7	200	38,00	1,00	1,408	2,0	1,5	4,0
8	250					1,2	
9	50	76,00	1,05	1,408	2,0	2,0	8,0
10	150					2,5	
11	200	46,00	1,20	1,408	2,0	2,6	4,8
12	250					2,9	
13	50	84,00	0,70	0,90	1,3	0,5	8,6
14	150					0,8	
15	200	50,00	1,10	1,41	2,0	1,4	5,2
16	250					1,6	
17	150	40,00	5,00	2,00	2,8	1,5	4,6
18	200					1,2	
19	250	120,00	4,25	0,90	1,3	2,0	12,2
20	275					2,5	

5. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СПИРТА

Основными видами сырья для производства пищевого спирта являются крахмалистое (зерновые культуры, картофель) и сахаристое (свекловичная и тростниковая меласса). При производстве спирта из крахмалсодержащего сырья осуществляются следующие технологические операции: очистка зерна (мойка картофеля), измельчение и водно–тепловая обработка, осахаривание разваренной массы, сбраживание осахаренного сусла и брагоректификация.

Зерно, используемое для производства спирта, оценивается главным образом по содержанию крахмала. Влажность зерна предпочтительна 14–15%, засоренность невысокая. Для технологической оценки качества зерна и учета его в производстве пользуются теми же методами и формулами, что и в солодовенном производстве (см. раздел 1).

5.1. Водно–тепловая обработка крахмалистого сырья

Водно–тепловая обработка крахмалсодержащего сырья проводится с целью облегчения доступа к крахмальным зернам амилолитических ферментов, источ-

ником которых в спиртовом производстве может служить солод или культуры микроорганизмов. Процесс водно–тепловой обработки (разваривания) заключается в смешивании измельченного сырья с водой в определенном соотношении и прогреве образующегося замеса при температуре 130–170°C в непрерывном потоке. Разработаны схемы механико–ферментативной обработки сырья, в которых предусматривается применение амилолитических ферментных препаратов на стадии приготовления и разжижения замеса. В этом случае температура процесса не превышает 100°C.

5.1.1. Расчетные формулы и справочные материалы

Расход воды на приготовление замеса из зернового сырья составляет 2,5–3 л на 1 кг зерна, что обеспечивает концентрацию сусла в пределах 16–17%. К картофельной кашке добавляют не более 20% воды (в зависимости от содержания крахмала в картофеле). Вода в смеситель подается температурой 45–50°C (для картофельной кашки не выше 45°C), чтобы избежать клейстеризации крахмала и образования комков.

Расход пара на подогрев воды можно определить по уравнениям (29, 30). Расход пара на подогрев замеса в контактных головках вторичного и острого пара определяют по формуле

$$G = \frac{M_z c_z (t_2 - t_1) k}{I - I_k}, \quad (50)$$

где M_z — масса замеса, кг; c_z — удельная теплоемкость замеса, кДж/(кг·К); t_1 и t_2 — соответственно начальная и конечная температура замеса, °C; k — коэффициент, учитывающий потери тепла в окружающую среду (4–5%); I — энтальпия греющего пара, кДж/кг; I_k — энтальпия конденсата греющего пара при температуре конденсации, кДж/кг.

Удельную теплоемкость замеса можно определить по формуле (20), энтальпии греющего пара и конденсата — по справочным таблицам приложения 7.

5.1.2. Задания и задачи

1. Определить расход пара абсолютным давлением 0,4 МПа на подогрев воды для приготовления замеса из 200 кг пшеницы, если на 1 кг зерна подается 3 л воды. Начальная температура технологической воды 12°C. Конденсат отводится при температуре конденсации. Потерями тепла в окружающую среду пренебречь.

2. Определить расход вторичного пара абсолютным давлением 0,04 МПа на подогрев замеса из 550 кг ржи влажностью 15% в контактной головке вторичного пара от температуры 45°C до 80°C. Расход воды на приготовление замеса 3 л на 1 кг зерна.

3. Определить расход острого пара абсолютным давлением 0,6 МПа на разваривание 600 кг картофеля с влажностью 78%. К картофельной кашке добавлено 10% воды. Температура замеса в контактной головке острого пара повышается от 80 до 140°C.

Удельная теплоемкость сухих веществ картофеля 1,15 кДж/(кг·К).

4. Для разжижения крахмала во время гидроферментативной обработки используют амила субтилин Гх из расчета 2 единицы АС на 1 г условного крахмала. Определить дозировку препарата на 1 т замеса из ржи, если на 1 кг зерна для приготовления замеса использовано 3,5 л воды. Условная крахмалистость ржи 54,5%. Амилолитическая активность ферментного препарата 90 ед/мл.

5.2. Расчет расхода осахаривающих материалов

В спиртовом производстве используют смесь солодов из различных культур. Наиболее популярными являются смеси солодов ячменного (70%) и просяного (30%), а также ячменного (50%), просяного (25%) и овсяного (25%). Для осахаривания разваренной массы из свежепросоженного солода готовят солодовое молоко, либо выращивают культуры микроорганизмов—продуцентов ферментов. Можно использовать и готовые ферментные препараты, а также смесь солода и микробных препаратов.

5.2.1. Расчетные формулы и справочные материалы

Для расчета количества полупродуктов при производстве солода используют приведенные в разделе 2.2 формулы (14–19). Суммарные нормативные потери сухих веществ при солодоращении в спиртовом производстве принимают 16%. Нормативная крахмалистость солодового зерна приведена в таблице 10.

Таблица 10. Крахмалистость солодового зерна

Наименование	Крахмалистость, %
Ячмень	49
Просо	48
Овес	42
Солод ячмень:просо (70:30)	48,6
Солод ячмень:просо:овес (50:25:25)	47

Норма расхода солодового зерна на осахаривание составляет для пшеницы и других зерновых культур, кроме овса, 14,9%, для овса 19%, для картофеля 13% к массе крахмала исходного сырья, включая крахмал солода. Расход солодового молока на осахаривание составляет 15–16% при непрерывных схемах осахаривания, и 18–20% при периодическом проведении процесса.

5.2.2. Пример

Рассчитать массу зерна, необходимого для получения 100 кг солода, состоящего из 70% ячменя и 30% проса. Влажности исходного зерна и свежепроросшего солода представлены в таблице 11. Какое количество разваренной массы может быть осахарено этим солодом, если расход солодового молока 20%, а соотношение солод:вода в солодовом молоке равно 1:5?

Таблица 11. Влажность зерна и солода, %

Наименование	Ячмень	Просо
Исходное зерно	15	14
Свежепроросший солод	46	42

Решение. В 100 кг смешанного солода содержится 70 кг ячменного и 30 кг просяного солода. При влажности свежепроросшего ячменного солода 46% массу сухих веществ в нем определим по формуле

$$M_{яс}^{CB} = M_{яс} \frac{100 - W_{яс}}{100} = \frac{70 \cdot (100 - 46)}{100} = 37,8 \text{ кг},$$

(51)

где $M_{яс}$ — масса ячменного солода, кг; $W_{яс}$ — влажность ячменного солода, %.

Суммарные нормативные потери при солодоращении составляют 16%. С учетом этого определим массу сухих веществ в исходном ячмене:

$$M_{я}^{CB} = 37,8 \cdot 1,16 = 43,85 \text{ кг}.$$

Массу исходного зерна определим по формуле (16)

$$M_{я} = \frac{43,85 \cdot 100}{100 - 15} = 51,6 \text{ кг}.$$

Аналогичный расчет произведем для проса:

$$M_{nc}^{CB} = \frac{30 \cdot (100 - 42)}{100} = 17,4 \text{ кг}; \quad M_n^{CB} = 17,4 \cdot 1,16 = 20,18 \text{ кг};$$

$$M_n = \frac{20,18 \cdot 100}{100 - 14} = 23,46 \text{ кг}.$$

Суммарная масса зерна на солод

$$C = 51,6 + 23,46 = 75,06 \text{ кг}.$$

При соотношении солод:вода 1:5 на 100 кг свежепроросшего солода требуется 500 кг воды, а масса полученного солодового молока будет 600 кг. Количество разваренной массы, которое можно осахарить этим солодовым молоком, вычислим с помощью пропорции:

$$\frac{600 \cdot 100}{20} = 3000 \text{ кг}.$$

5.2.3. Задания и задачи

1. Рассчитать массу зерна, необходимого для получения 400 кг солода, состоящего из 70% ячменя и 30% проса. Влажности исходного зерна и свежепроросшего солода принять аналогично рассмотренному примеру.

2. Рассчитать массу зерна, необходимого для получения 250 кг солода, состоящего из 50% ячменя, 25% проса и 25% овса. Влажности исходного зерна и свежепроросшего солода представлены в таблице.

Наименование	Ячмень	Просо	Овес
Исходное зерно	14	12	16
Свежепроросший солод	44	41	46

3. Рассчитать количество разваренной массы, которое может быть осахарено солодом, полученным в условиях задачи 1. Соотношение солод:вода в солодовом молоке равно 1:4. Расход солодового молока 16% к

массе осахариваемой смеси.

4. Рассчитать количество разваренной массы, которое может быть осахарено солодом, полученным в условиях задачи 2. Соотношение солод:вода в солодовом молоке равно 1:5. Расход солодового молока 18% к массе осахариваемой смеси.

5. В условиях задач 1 и 3 определить расход исходного солодового зерна на осахаривание и сравнить его с нормативным. Содержание крахмала в разваренной массе 16%. Потери при разваривании 2,5%. Исходное сырье пшеница.

6. В условиях задач 2 и 4 определить расход исходного солодового зерна на осахаривание и сравнить его с нормативным. Содержание крахмала в разваренной массе 17%. Потери при разваривании 2,5%. Исходное сырье картофель.

5.3. Разбавление мелассы

При производстве спирта из мелассы осуществляют следующие подготовительные операции: гомогенизацию, подкисление и асептирование, внесение питательных веществ, разбавление водой. Сильно инфицированную мелассу стерилизуют. В специализированных дрожжевых производствах или при выпуске спиртовых дрожжей в качестве хлебопекарных осуществляют кларификацию (осветление) мелассы. Мелассное сусло готовят различной концентрации в зависимости от способа сбраживания.

5.3.1. Расчетные формулы

При разбавлении мелассы материальный баланс выражается уравнением

$$MC = M_1C_1,$$

(52)

где M и M_1 — соответственно масса исходной мелассы и мелассного сусла, кг; C и C_1 — концентрация (содержание сухих веществ) мелассы и

мелассного сусла, %.

При однопоточном способе сбраживания готовят мелассное сусло концентрацией 22%. При двухпоточном способе сбраживания готовят два различных сусла, например, концентрацией 12% и 32%. Сусло концентрацией 12% называется дрожжевым и служит для выращивания дрожжей, сусло концентрацией 32% называется основным и поступает непосредственно на стадию брожения.

Уравнение (52) можно применять для определения масс и концентраций сусла при любом способе сбраживания, а также для расчетов в дрожжевом производстве. При определении объемов сусла необходимо оперировать плотностью мелассных растворов, приведенной в приложении 12. Плотность раствора мелассы можно рассчитать также по уравнению

$$\rho = 1007,3 + 4,11(30,03 + n - 0,11T),$$

(53)

где n — содержание сухих веществ в растворе, %, T — температура, К.

Формула справедлива при n от 5 до 50,4% и T от 293 до 373 К.

5.3.2. Задания и задачи

1. Определить массу воды, необходимой для разбавления мелассы, содержащей 72% сухих веществ при сбраживании ее по однопоточного способу, если требуемая концентрация сусла 22%. Масса исходной мелассы 50 т.

2. Какова будет концентрация сусла, полученного из смеси 18 т мелассы с содержанием сухих веществ 76% и 50,4 т воды?

3. Сколько мелассы с содержанием сухих веществ 70% потребуется для получения 150 т мелассного сусла концентрацией 18%?

4. Определить массу воды, необходимой для разбавления мелассы при двухпоточном способе сбраживания. Требуемая концентрация основного сусла 30%, концентрация дрожжевого сусла 12%. Соотношение потоков основного и дрожжевого сусла 1:1. Массу исходной мелассы и содержание

сухих веществ в ней принять аналогично задаче 1.

5. Какое количество исходной мелассы потребуется для получения 220 т основного сусла концентрацией 32% и 110 т дрожжевого сусла концентрацией 13%, если содержание сухих веществ в исходной мелассе 74%?

6. Определить массу исходной мелассы с содержанием сухих веществ 72%, необходимую для выращивания дрожжей в дрожжегенераторе полезным объемом 4000 л. Дрожжегенерирование проводится на меласном сусле концентрацией 18%.

5.4. Определение выхода спирта

Выход спирта — это количество спирта в декалитрах (дал), получаемое из 1 т сбраживаемых углеводов сырья (крахмала, сахара) в пересчете на условный крахмал. Под условным крахмалом зернового сырья и картофеля понимают общее количество сбраживаемых углеводов, которое содержится в них. Под условным крахмалом мелассы и сахарной свеклы понимают сахаристость их, умноженную на коэффициент перевода сахарозы в крахмал, равный 0,95.

Под условным крахмалом зерна, используемого для приготовления солода, понимают количество углеводов, содержащееся в нем, за вычетом 16%, которые теряются в процессе солодоращения.

Под условным крахмалом, содержащимся в культуральной жидкости, понимают количество сбраживаемых углеводов, которое остается непотребленным микроорганизмами в процессе их культивирования.

5.4.1. Расчетные формулы и справочные материалы

Теоретический выход спирта вычисляют по уравнению спиртового брожения



92,1 88

Составим пропорцию:

из 180,1 кг гексоз получается 92,1 кг спирта

из 100 кг гексоз -----X кг спирта

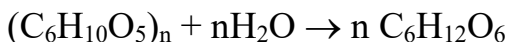
Отсюда

$$X = \frac{100 \cdot 92,1}{180,1} = 51,14 \text{ кг,}$$

т.е. из 100 кг гексоз должно получиться 51,14 кг безводного спирта.

Относительная плотность спирта составляет 0,78927. Тогда теоретический выход его составит $51,14 : 0,78927 = 64,79$ л на 100 кг или 64,79 дал на 1 т.

Выход спирта из крахмала увеличивается пропорционально отношению молекулярных масс глюкозы и крахмала:



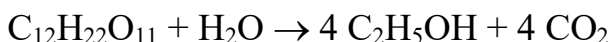
162,1

180,1

Теоретический выход спирта из 1 т крахмала будет

$$(180,1:162,1) \cdot 64,79 = 71,98 \text{ дал.}$$

Выход спирта из сахарозы:



342,2

184,2

$$X = \frac{184,2 \cdot 100}{342,2} = 53,82 \text{ кг на 100 кг или 68,2 дал на 1 т.}$$

Коэффициент для пересчета сахарозы в условный крахмал $324,2 : 342,2 \approx 0,95$.

Практический выход спирта меньше теоретического, так как часть сбрасываемых углеводов и образующегося при брожении спирта теряется. В зависимости от вида сырья и технологической схемы практический выход спирта составляет 81,5–93% от теоретического.

Практический выход спирта можно подсчитать на действующем производстве на основании массы переработанного сырья, содержания в нем сбраживаемых веществ, и количества полученного из этой массы сырья безводного спирта по формуле

$$B = \frac{Q \cdot 100}{G \cdot Kp},$$

(54)

где B — выход спирта, дал/т; Q — объем безводного спирта, полученного за отчетный период, дал; G — масса переработанного за тот же период зернового сырья, т; Kp — условная крахмалистость сырья, %.

Практический выход спирта по отношению к теоретическому (%)

$$B' = \frac{B \cdot 100}{71,98}.$$

(55)

На производстве каждый вид крахмалистого сырья перерабатывается с использованием различных технологических приемов (режимы подработки и разваривания, схемы разваривания и осахаривания и т.д.). В связи с этим нормы выхода спирта из каждого вида сырья разрабатываются на основании теоретических и экспериментальных исследований Всероссийским научно-исследовательским институтом пищевой биотехнологии и утверждаются Федеральными органами исполнительной власти. Нормативы выхода этилового спирта из различных видов сырья приведены в таблице 12. При введении технических усовершенствований к нормативным выходам прибавляются надбавки, указанные в таблице 13.

Суммарные потери сбраживаемых веществ (%) определяются по разнице между 100% и практическим выходом спирта

$$П = 100 - B'.$$

(56)

Под потерями подразумевается количество условного крахмала, которое

выбывает из данного технологического процесса, не может быть использовано ни в каком другом процессе и теряется безвозвратно. К потерям можно отнести:

Таблица 12. Нормативы выхода спирта из 1 т условного крахмала сырья, дал/т

Вид сырья	Схема производства			
	Периодическая	Полу непрерывная	Непрерывная	Непрерывная с вакуум-охлаждением*
Картофель	64,7	65,0	65,7	66,6
Кукуруза	64,0	64,3	65,0	65,9
Рожь	62,9	63,2	63,9	64,8
Пшеница	63,7	64,0	64,8	65,7
Ячмень	62,4	62,7	63,4	64,3
Овес и чумиза	61,8	62,1	62,8	63,7
Просо и гаолян	63,5	63,8	64,5	65,4
Гречиха	61,1	61,4	62,1	64,6
Вика, чечевица, горох	59,1	59,4	60,1	63,0
Меласса	65,9	—	66,5	66,5
Рис-зерно (нешелушенный)	61,8	62,1	62,8	63,7
Рис-крупа	64,7	65,0	65,7	66,6
Сорго	63,5	63,3	64,5	64,6
Тритикале	—	—	—	65,5

*нормативы даны с учетом надбавок на удлиненный срок брожения или на 60 ч при непрерывно-проточном или циклическом способах брожения, а также на вакуум-охлаждение разваренной массы

Таблица 13. Надбавки к нормативным выходам спирта при введении технических усовершенствований на производстве

Техническое усовершенствование	Надбавка, дал/т
Удлинённый срок брожения от 48 до 72 ч	0,8
в том числе на каждые 6 ч сверх 48 ч	0,2
Непрерывно–проточный или циклический способ брожения при сроке 60 ч	0,8
Полная замена солода поверхностной культурой микроорганизмов	0,3
Частичная замена солода поверхностной культурой микроорганизмов	0,2
Полная замена солода глубинной культурой микроорганизмов	0,7
Частичная замена солода глубинной культурой микроорганизмов	0,35
Осахаривание с вакуум–охлаждением	0,1
Сбраживание с рециркуляцией сусла	0,1

потери при подработке зерна, разваривании, солодоращении, расход сахара на размножение дрожжей, потери на брагоректификационной установке.

Виды технологических потерь и их нормативные величины приведены в таблице 14. Суммарные технологические потери при переработке различных видов сырья представлены в таблице 15.

При нарушениях технологического режима возникают дополнительные потери сбраживаемых углеводов, оценить которые можно, пользуясь таблицей 16.

Таблица 14. Виды технологических потерь в спиртовом производстве

Вид потерь, стадия процесса	Норма, % от исходного
Потери при обрушивании овса	1,5
Потери при размоле зерна (ячмень и просо)	0,3
Потери при водно–тепловой обработке*	2,5
Потери при солодоращении	16% крахмала зерна на солод или 1,2% от всего крахмала сырья
Потери при культивировании микроорганизмов поверхностным способом	85% от содержания в питательной среде
Потери при культивировании микроорганизмов глубинным способом	75% от содержания в питательной среде
Потери при сбраживании зерно–картофельного сусла	4% от сбраживаемых углеводов, введенных в производство
Потери при сбраживании мелассного сусла	5,6–9,8
Потери с недобродом в зерно–картофельной бражке	3,46% от сбраживаемых углеводов, введенных в производство
Потери с недобродом в мелассной бражке	2,5% от введенного в производство сахара.
Потери при нарастании кислотности бражки	0,623% от введенных с суслом**
Потери спирта с газами брожения	0,04% от введенных в производство
Потери при перегонке и ректификации	0,182% от введенных в производство

*В связи со сложностью учета потери при водно–тепловой обработке сырья включают в неопределяемые потери и принимают равными минимуму — 2,5%.

**Потери при нарастании кислотности определены только для переработки зерно–картофельного сусла. Нарастания кислотности мелассного сусла не должно происходить.

5.4.2. Пример

За отчетный период на заводе было переработано 60 тыс. т пшеницы с условной крахмалистостью 54,3% и получено 2 150 тыс. дал спирта в пересчете на спирт высшей очистки крепостью 96,2 % об. Определить фактический выход спирта и сравнить его с теоретическим. Определить общие

потери сбраживаемых углеводов.

Решение. Пересчитаем выработанный спирт в безводный:

$$2\,150\,000 \cdot 0,962 = 2\,068\,300 \text{ дал.}$$

Определяем фактический выход спирта по формуле (54)

$$B = \frac{2068300 \cdot 100}{60000 \cdot 54,3} = 63,5 \text{ дал/т.}$$

Теоретический выход спирта из крахмала составляет 71,98 дал/т. Тогда фактический выход спирта составляет (формула (55))

$$B' = \frac{63,5 \cdot 100}{71,98} = 88,2 \text{ \% от теоретического.}$$

Суммарные потери сбраживаемых веществ определяем по формуле (56)

$$П = 100 - 88,2 = 11,8 \text{ \%}.$$

Таблица 15. Суммарные технологические потери при переработке различных видов сырья, %

Вид сырья	Технологическая схема производства	
	непрерывная	непрерывная с использованием ферментных препаратов
Картофель	7,48	6,51
Кукуруза	8,45	7,48
Рожь	9,98	9,01
Пшеница	8,73	7,42
Ячмень	10,67	9,7
Овес и чумиза	11,51	10,53
Просо и гаолян	9,15	8,17
Сорго	10,26	9,28
Гречиха	12,48	11,50
Вика, чечевица, горох	15,26	14,28
Меласса	7,62	—
Рис нешелушенный	11,51	10,53
Рис-крупа	7,48	6,51
Тритикале	9,6	8,04

Таблица 16. Потери сбраживаемых углеводов при нарушениях

технологического режима

Показатель, за счет которого могут быть получены потери	Потери сбраживаемых углеводов	
	% к введенным в производство	ал на т условного крахмала перерабатываемого сырья
Нарастание кислотности на 0,1°	,313	,202
Повышение содержания несброженных углеводов в бражке на 0,01 г/100 мл	,769	,450
Перерасход зерна на солод на 1%	,075	,049
Не уловлено спирта из газов брожения 0,1%	,092	,060
Увеличение содержания спирта в барде на 0,005%	,060	,039

5.4.3. Задания и задачи

1. Для завода, работающего по непрерывной схеме с вакуум–охлаждением сусла и с полной заменой солода глубинной культурой микроорганизмов установить нормативный выход спирта.

2. За отчетный период на заводе было переработано 196 т ржи с условной крахмалистостью 52,5% и получено головной фракции крепостью 95,5% об 174 дал, спирта–ректификата сорта «Экстра» крепостью 96,5 % об 6680 дал и сивушного масла крепостью 88,0% об 27 дал. Определить выход спирта за отчетный период.

3. За отчетный период на заводе было переработано 125 т мелассы с содержанием сахара 44% и получено спирта в пересчете на спирт высшей очистки крепостью 96,2 % об 3580 дал. Определить выход спирта за отчетный период.

4. Во время брожения сусла из пшеницы (крахмалистость 54%) произошло нарастание кислотности на 0,45°. Определить выход спирта и величину потерь сбраживаемых углеводов, если расход ячменя на осахаривание составил 107 кг на 1 т сырья (крахмалистость 48%), расход проса соответственно — 50 кг (крахмалистость 54%). На предприятии применяется непрерывная схема разваривания с вакуум–охлаждением, ферментные препараты не используются. Технологические потери на остальных стадиях не превышают нормативных.

5.5. Контрольные задания и задачи

1. Установить нормативный выход спирта для предприятия, исходя из особенностей применяемой технологической схемы (см. нижеследующую таблицу). Определить фактический выход спирта за отчетный период и сравнить его с теоретическим и нормативным. Сделать вывод об эффективности работы предприятия.

Вар.	Технологическая схема производства	Культура	G, т	Kp, %	Товарные продукты	
					ГФ	С
1	Полунепрерывная с периодическим брожением 60 ч	картофель	1700	18,0	520	2
2		рожь	590	54,0		
3		пшеница	566	53,4		
4	Периодическая с периодическим брожением 72 ч	ячмень	670	48,2	780	3
5		гречиха	970	50,5		
6		рожь	890	52,7		
7	Непрерывная с вакуум–охлаждением разваренной массы	картофель	2250	20,0	1040	4
8		пшеница	1200	52,3		
9		просо	1120	55,0		
10	Непрерывная с непрерывно–проточным сбраживанием, с частичной заменой солода поверхностной культурой микроорганизмов	тритикале	2025	56,0	1950	7
11		кукуруза	2000	55,8		
12		горох	2250	52,0		
13		пшеница	2040	55,2		

14	Непрерывная с непрерывно– циклическим сбраживанием, с полной заменой солода глубинной культурой микроорганизмов	просо	3850	57,0	3900	1
15		пшеница	4200	54,0		
16		ячмень	4380	51,5		
17		рожь	4250	53,7		
18	Непрерывная, без применения ферментов, сбраживание с рециркуляцией сусла	рожь	6670	51,6	5750	2
19		пшеница	6450	52,5		
20		ячмень	6900	50,4		

2. В условиях задачи 1 определить производственные потери (нормативные и сверхнормативные).

6. ТЕХНОЛОГИЯ ЛИКЕРОВОДОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Весь ассортимент ликероводочных заводов можно разделить на две основные группы: водки и ликероводочные изделия. Водкой называют спиртной напиток крепостью 38–45, 50 и 56% об, получаемый обработкой водно–спиртового раствора (сортировки) адсорбентом и последующей фильтрацией. В качестве адсорбента чаще всего используют активный древесный уголь с высокоразвитой внутренней поверхностью.

Ликероводочные изделия представляют собой смеси различных спиртованных соков, морсов, настоев, ароматных спиртов, эфирных масел, вин, коньяка, сахарного сиропа, лимонной кислоты и других пищевых продуктов, а также спирта и воды. Для производства ликероводочных изделий используется широкий ассортимент растительного сырья, которое вносит в изделия ценные и биологически активные вещества. Ликероводочные изделия делятся на группы в соответствии с ГОСТ 7190–93.

6.1. Расчет необходимого количества спирта и воды на приготовление сортировки

Смешивание спирта и воды производится периодическим или непрерывным методом. При работе по непрерывному методу подача спирта и воды в смеситель в необходимой пропорции осуществляется автоматически. При периодическом проведении процесса необходимо определять требуемое количество спирта и воды для приготовления заданного объема водно–спиртового раствора (сортировки). Требуемый объем спирта (V_{cn}) для приготовления сортировки вычисляют по формуле

$$V_{cn} = \frac{V_c A_c}{A_{cn}}, \quad (57)$$

где V_c — объем приготавливаемой сортировки, дал; A_c, A_{cn} — крепости сортировки и исходного спирта соответственно, % об.

Необходимый для приготовления сортировки объем воды (V_v) рассчитывают с учетом явления контракции. Расчет можно провести двумя способами. Первый способ, более точный, будет рассмотрен ниже в примере, по второму способу объем воды

вычисляют по формуле

$$V_в = \frac{V_{cn} V_{cnp}}{100},$$

(58)

где V_{cn} — рассчитанный ранее объем спирта, необходимый для приготовления сортировки, мл; V_{cnp} — объем воды, который необходимо добавить к 100 объемам спирта данной концентрации для получения сортировки заданной крепости, определяется по справочной таблице Г.И.Фертмана (см. приложение 13).

6.1.1. Пример

Требуется приготовить 500 дал сортировки крепостью 40 % об. Сколько ректификованного спирта крепостью 96,0% об и исправленной воды необходимо задать в сортировочный чан?

Решение. Потребность в спирте рассчитываем по формуле (57)

$$V_{cn} = \frac{500 \cdot 40}{96} = 208,33 \text{ дал.}$$

Для вычисления необходимого количества воды по приложению 14 находим, что в 100 объемах спирта крепостью 96,0% об содержится 4,985 объемов воды. Затем с помощью пропорции определяем, сколько воды содержится в рассчитанном количестве спирта:

$$V_0 = \frac{208,33 \cdot 4,985}{100} = 10,385 \text{ дал.}$$

Далее по тому же приложению находим, что в 100 объемах водно-спиртового раствора крепостью 40% об содержится 63,347 объемов воды, и пересчитываем это количество на требуемый объем сортировки:

$$V_1 = \frac{500 \cdot 63,347}{100} = 316,735 \text{ дал.}$$

По разности этих двух значений находим требуемый объем воды

$$V_в = V_1 - V_0 = 316,735 - 10,385 = 306,35 \text{ дал.}$$

Для облегчения расчетов можно воспользоваться формулой (58). По приложению 13 находим, что для получения 100 объемов сортировки крепостью 40% об из спирта крепостью 96% об требуется добавить 147,02 объема воды. Тогда

$$V_6 = \frac{208,33 \cdot 147,02}{100} = 306,29 \text{ дал.}$$

Разница между объемами воды, вычисленными двумя способами, составляет 0,06 дал или 0,02%, что допустимо в производственных условиях.

6.2. Расчет компонентов купажа изделия

Купажи ликероводочных изделий готовят периодическим способом. Порядок закладки ингредиентов в купаж определяется рецептурой изделия. Готовые купажи выдерживают не менее 24 ч с целью облагораживания вкуса, аромата и получения изделия более однородного по составу.

При изготовлении купажей ликероводочных изделий часто возникает необходимость произвести расчет компонентов купажа. Если кондиции полу фабрикатов, имеющихся в распоряжении, отличаются от стандартных, количество вносимых полуфабрикатов корректируется.

6.2.1. Расчетные формулы

Расчет начинают с уточнения дозировки спиртованных соков, морсов или настоев. Вначале по формуле (45) определяют количество экстрактивных (сухих) веществ, которое вносится в купаж с соком, морсом или экстрактом стандартного качества. Затем производят расчет требуемого объема полуфабриката, имеющегося в распоряжении, по формуле (46).

Далее производят корректировку закладки сахарного сиропа. Необходимое количество сахара рассчитывают по разности между общим содержанием сахара в готовом изделии и количеством сахара, вносимым в купаж с полуфабрикатами в пересчете на сахарозу. Количество сахара (S), вносимое в купаж с полуфабрикатами, определяют по формуле

$$S = \frac{V_{\phi} \cdot c}{100}, \quad (59)$$

где V_{ϕ} — фактический объем имеющегося в распоряжении полуфабриката, подлежащий внесению в купаж и определенный ранее, л; c — содержание сахара в этом полуфабрикate, г/100 мл.

Исходя из рассчитанного количества сахара и концентрации имеющегося в распоряжении сахарного сиропа определяют объем сахарного сиропа (V_{cc}), который требуется

внести в купаж, по формуле

$$V_{cc} = \frac{100S_{\phi}}{m}, \quad (60)$$

где S_{ϕ} — фактическое количество сахара, которое требуется внести в купаж, кг; m — содержание сахарозы в имеющемся сахарном сиропе, г/100 мл.

Количество вносимой в купаж лимонной кислоты рассчитывают по разности между общим содержанием кислоты в изделии и кислоты, вносимой с полуфабрикатами. Массу лимонной кислоты (L), вносимой с полуфабрикатами, определяют по формуле

$$L = \frac{V_{\phi} \cdot l}{100}, \quad (61)$$

где l — содержание кислот в пересчете на лимонную в имеющемся полуфабрикате, г/100 мл.

Объем спирта, необходимый для приготовления купажа, находят по разности между общим содержанием спирта в изделии и количеством спирта, вносимым с полуфабрикатами, по формуле

$$V_{cn} = \frac{100A - \left(V_1 \frac{A_1}{100} + V_2 \frac{A_2}{100} + \dots + V_n \frac{A_n}{100} \right)}{A_{cn}/100}, \quad (62)$$

где A — крепость изделия по рецептуре, % об.; $V_1, V_2, \dots, V_n$ — объемы полуфабрикатов, вносимые в купаж согласно произведенному расчету, л; $A_1, A_2, \dots, A_n$ — фактические крепости имеющихся в распоряжении полуфабрикатов, % об.; A_{cn} — крепость имеющегося спирта, % об.

6.2.2. Пример

Произвести расчет купажа для изготовления 1000 дал настойки «Вишневая» из цеховых полуфабрикатов, показатели которых отличаются от стандартных. Данные о качественных показателях полуфабрикатов приведены в таблицах 17, 18.

Решение. Рецепт настойки «Вишневая» приведена в приложении 17. На 1000 дал купажа настойки вносится 3000 л вишневого сока и 216 л черничного морса 1 и 2 слива. Определим по формуле (45) количество экстрактивных веществ, которое должно быть внесено в купаж с этими полуфабрикатами.

Таблица 17. Характеристика стандартных полуфабрикатов

Полуфабрикаты	Крепость, % об	Общее содержание, г/100 мл		
		Сахара в пере- счете на сахарозу	Экстрак- тивных веществ	Кислот в пересчете на лимонную
Вишневый спиртованный сок	25,0	5,80	10,4	1,04
Черничный морс 1 и 2 слива	45,0	6,80	10,4	0,80
Сахарный сироп (65,8 %)	—	86,93	—	—

Таблица 18. Характеристика цеховых полуфабрикатов

Полуфабрикаты	Крепость, % об	Общее содержание, г/100 мл		
		Сахара в пере- счете на сахарозу	Экстрак- тивных веществ	Кислот в пересчете на лимонную
Вишневый спиртованный сок	24,8	5,4	10,0	1,2
Черничный морс 1 и 2 слива	44,2	7,0	10,5	0,8
Настой миндаля 1 и 2 слива	52,2	—	—	—
Сахарный сироп	—	87,28	—	—
Спирт ректификованный в. о.	96,5	—	—	—

$$M_1^{CB} = \frac{3000 \cdot 10,4}{100} = 312 \text{ кг}; \quad \dot{I}_2^{\tilde{A}} = \frac{216 \cdot 10,4}{100} = 22,464 \text{ кг}.$$

По формуле (46) рассчитаем требуемое количество вишневого сока ($V_{\phi 1}$) и черничного морса ($V_{\phi 2}$):

$$V_{\phi 1} = \frac{312 \cdot 100}{10} = 3120 \text{ л}; \quad V_{\phi 2} = \frac{22,464 \cdot 100}{10,5} = 213,94 \text{ л}.$$

Рассчитаем количество сахара, которое будет внесено в купаж с цеховыми полуфабрикатами, по формуле (58)

$$S_1 = \frac{3120 \cdot 5,4}{100} = 168,48 \text{ кг}; \quad S_2 = \frac{213,94 \cdot 7}{100} = 14,98 \text{ кг}.$$

Согласно рецептуре на 1000 дал изделия с сахаром вносится 1810 кг сухих веществ, тогда количество сахара, которое требуется ввести в купаж в виде сахарного сиропа будет $S_{\phi} = 1810 - 168,48 - 14,98 = 1626,54$ кг. Содержание сахарозы в цеховом сахарном сиропе 87,28 г/100 мл. Сахарный сироп, содержащий 1626,54 кг сахарозы, будет занимать объем (формула 60)

$$V_{cc} = \frac{100 \cdot 1626,54}{87,28} = 1863,6 \text{ л}.$$

Определяем количество лимонной кислоты, которое вносится в купаж с вишневым соком (L_1) и черничным морсом (L_2)

по формуле (61)

$$L_1 = \frac{3120 \cdot 1,2}{100} = 37,44 \text{ кг}; \quad L_2 = \frac{233,75 \cdot 0,8}{100} = 1,71 \text{ кг}.$$

Кислотность готового изделия согласно рецептуре должна составлять 0,4 г/100 мл, т.е. 1000 дал изделия должны содержать 40 кг лимонной кислоты. Отсюда необходимо задать в купаж лимонной кислоты

$$L_\delta = 40 - 37,44 - 1,71 = 0,85 \text{ кг}.$$

Количество спирта–ректификата высшей очистки крепостью 96,5% об определяем по формуле (62)

$$V_{\text{нн}} = \frac{100 \cdot 18 - (3120 \cdot 0,248 + 213,94 \cdot 0,442 + 80 \cdot 0,522)}{0,965} = 922,2 \text{ л}.$$

Состав купажа из цеховых полуфабрикатов приведен в таблице 19.

Таблица 19. Состав купажа настойки «Вишневая» на 1000 дал готового изделия из цеховых полуфабрикатов

Компоненты купажа	Количество
Вишневый спиртованный сок, л	3120
Черничный морс 1 и 2 слива, л	213,94
Настой миндаля 1 и 2 слива, л	80
Ванилин 1 : 10, л	1
Сахарный сироп, л	1863,6
Лимонная кислота, кг	0,85
Спирт–ректификат высшей очистки, л	922,2
Вода исправленная для доведения объема до 1000 дал	

6.3. Исправление купажей ликероводочных изделий

В случае несоответствия показателей готового купажа требуемым кондициям изделия производят корректировку купажа. Купажи водок и горьких ликероводочных изделий корректируют только по спирту и воде. Купажи сладких изделий корректировать значительно труднее, так как добавление в купаж какого-либо ингредиента вызывает изменение крепости, содержания экстрактивных веществ и кислотности. Разработаны 10 вариантов наиболее часто встречающихся случаев исправления купажа, из них два для водок и горьких изделий, остальные — для сладких.

6.3.1. Исправление купажей горьких изделий

Вариант 1. Если крепость сортировки или изготовленного купажа горького изделия меньше требуемой, определяют объем спирта, который необходимо дополнительно ввести в купаж, по формуле

$$V_{cn}^* = \frac{V_k(A_p - A_\phi)}{A_{cn} - A_p}, \quad (63)$$

где V_k — объем приготовленного купажа изделия или сортировки, дал; A_p — требуемая крепость изделия по рецептуре, % об; A_ϕ — фактическая крепость изделия, % об; A_{cn} — крепость спирта, используемого для корректировки купажа, % об.

Вариант 2. При избыточной крепости сортировки или купажа определяют объем воды, который требуется дополнительно внести в купаж, по формуле

$$V_6^* = \frac{V_k(A_\phi - A_p)}{A_p},$$

(64)

где обозначения те же, что и в формуле (63).

Количество воды и спирта при проведении корректировки рассчитывается без учета контракции.

6.3.2. Исправление купажей сладких изделий

Вариант 3. В том случае, если крепость полученного купажа ниже предусмотренной по рецептуре, а экстрактивность соответствует кондиции, дополнительный объем спирта, который необходимо добавить в купаж, определяют по формуле

$$V_{cn}^* = \frac{V_k(A_p - A_\phi)b}{ab - \mathcal{E}_p A_p},$$

(65)

где V_k — объем приготовленного купажа сладкого изделия, дал; A_p и A_ϕ — соответственно рецептурная и фактическая крепость изделия, % об; a — разность между крепостью спирта, взятого на укрепление купажа, и крепостью изделия по рецептуре ($a = A_{cn} - A_p$), % об; b — разность между содержанием сахара в добавляемом к купажу сиропе и экстрактивностью изделия по рецептуре ($b = \mathcal{E}_{cc} - \mathcal{E}_p$), г/100 мл; $\mathcal{E}_p$ — экстрактивность изделия по рецептуре, г/100 мл.

После добавления вычисленного количества спирта содержание экстракта в изделии снизится, и будет необходимо добавить в купаж сахарный сироп. Дополнительный объем сахарного сиропа рассчитывают по формуле

$$V_{cc}^* = \frac{\mathcal{E}_p V_{cn}^*}{b}.$$

(66)

Вариант 4. Если крепость и экстрактивность приготовленного купажа ниже предусмотренных по рецептуре, то дополнительный объем спирта, который необходимо внести в купаж, рассчитывают по уравнению

$$V_{cn}^* = \frac{V_k[b(A_p - A_\phi) + A_p(\mathcal{E}_p - \mathcal{E}_\phi)]}{ab - \mathcal{E}_p A_p},$$

(67)

где все обозначения те же, что и в формуле (65).

Дополнительный объем сахарного сиропа вычисляют по формуле

$$V_{cc}^* = \frac{\mathfrak{A}_p V_{cn}^* + V_{\kappa}(\mathfrak{A}_p - \mathfrak{A}_{\phi})}{b}.$$

(68)

Вариант 5. Когда крепость купажа ниже, а экстрактивность выше предусмотренных рецептурой, расчет ведут в два этапа. На первом этапе предварительно определяют потребность в спирте и воде по нижеследующим формулам

$$E = \frac{V_{\kappa}(A_p - A_{\phi})}{a}; \quad W = \frac{V_{\kappa}(\mathfrak{A}_{\phi} - \mathfrak{A}_p)}{\mathfrak{A}_p}.$$

(69)

Затем в зависимости от результатов выбирают формулы для окончательного расчета. Если W меньше E , то окончательное количество добавляемого спирта определяют по формуле

$$V_{cn}^* = \frac{V_{\kappa}(A_p - A_{\phi})b - \mathfrak{A}_p A_p W}{ab - \mathfrak{A}_p A_p},$$

(70)

а количество сахарного сиропа по формуле

$$V_{cc}^* = \frac{\mathfrak{A}_p(V_{cn}^* - W)}{b}.$$

(71)

Если же W больше E , то для расчета окончательного количества спирта и воды применяют формулы (72 и 73).

$$V_{cn}^* = \frac{V_{\kappa}(A_p - A_{\phi}) + A_p W}{A_{cn}}; \quad V_{\phi}^* = W - V_{cn}^*$$

(72, 73)

Вариант 6. В том случае, если крепость купажа соответствует кондиции, а экстрактивность ниже предусмотренной по рецептуре, то дополнительный объем спирта, подлежащий внесению в купаж, рассчитывают по формуле

$$V_{cn}^* = \frac{V_{\kappa} A_p (\mathfrak{A}_p - \mathfrak{A}_{\phi})}{ab - \mathfrak{A}_p A_p},$$

(74)

а дополнительное количество сахарного сиропа по формуле

$$V_{cc}^* = \frac{V_{\kappa}(\mathfrak{A}_p - \mathfrak{A}_{\phi}) + \mathfrak{A}_p A_p}{b}.$$

(75)

Вариант 7. Крепость купажа изделия соответствует кондиции, а экстрактивность выше предусмотренной по рецептуре. В этом случае предварительно определяют объем воды для разбавления общего экстракта

$$W = \frac{V_k(\mathcal{E}_\phi - \mathcal{E}_p)}{\mathcal{E}_p}.$$

(76)

Затем определяют объем спирта, который требуется добавить к полученному объему воды W по формуле

$$V_{cn}^* = \frac{WA_p}{A_{cn}}.$$

(77)

Окончательный объем воды, который требуется добавить в купаж, определяют затем по формуле

$$V_v^* = W - V_{cn}^*.$$

(78)

Вариант 8. Крепость купажа выше предусмотренной по рецептуре, экстрактивность соответствует кондиции. Сначала определяют потребность в воде для понижения крепости купажа по формуле

$$W = \frac{V_k(A_\phi - A_p)}{A_p}.$$

(79)

Затем рассчитывают объем сахарного сиропа, который необходимо добавить к рассчитанному объему воды W , по формуле

$$V_{cc}^* = \frac{W\mathcal{E}_p}{\mathcal{E}_{cc}}.$$

(80)

После решения этих уравнений определяют окончательный объем воды, который нужно добавить в купаж по формуле

$$V_v^* = W - V_{cc}^*.$$

(81)

Вариант 9. Крепость купажа выше, а экстрактивность ниже предусмотренной по рецептуре. В этом случае предварительно определяют потребность в воде для понижения крепости купажа W по формуле (79) и потребность в сахарном сиропе для повышения экстрактивности изделия Y по формуле

$$Y = \frac{V_{\kappa}(\mathfrak{A}_p - \mathfrak{A}_{\phi})}{b}.$$

(82)

После решения этих уравнений в зависимости от полученных результатов выбирают формулы для окончательного расчета. Если W больше Y , то окончательное количество добавляемого в купаж сахарного сиропа рассчитывают по формуле

$$V_{cc}^* = \frac{V_{\kappa}(\mathfrak{A}_p - \mathfrak{A}_{\phi}) + W\mathfrak{A}_p}{\mathfrak{A}_{cc}},$$

(83)

а окончательное количество воды по формуле

$$V_{\epsilon}^* = W - V_{cc}^*.$$

(84)

Если же W меньше Y , то количество добавляемого в купаж спирта определяют по формуле

$$V_{cn}^* = \frac{bA_p(Y - W)}{ab - \mathfrak{A}_p A_p},$$

(85)

а количество добавляемого сахарного сиропа по формуле

$$V_{cc}^* = Y + \frac{V_{cn}^* \mathfrak{A}_p}{b}.$$

(86)

Вариант 10. Крепость и экстрактивность купажа выше предусмотренных по рецептуре. В этом случае предварительно определяют потребность в воде для понижения крепости W_1 и для понижения содержания экстракта W_2 .

$$W_1 = \frac{V_{\kappa}(A_{\phi} - A_p)}{A_p}; \quad W_2 = \frac{V_{\kappa}(\mathfrak{A}_{\phi} - \mathfrak{A}_p)}{\mathfrak{A}_p}.$$

(87, 88)

В зависимости от полученных результатов выбирают формулы для окончательного расчета. Если W_1 меньше W_2 , потребность в спирте и воде для исправления купажа определяют по формулам (89, 90). Если же W_1 больше W_2 , то рассчитывают объем воды и сахарного сиропа для внесения в купаж по формулам (91, 92).

$$V_{cn}^* = \frac{(W_2 - W_1)A_p}{A_{cn}}; \quad V_{\epsilon}^* = W_2 - V_{cn}^*.$$

(89, 90)

$$V_{cc}^* = \frac{(W_1 - W_2) \mathfrak{A}_p}{b}; \quad V_{\theta}^* = W_1 - V_{cc}^*.$$

(91, 92)

6.3.3. Пример

В сортировочном чане находится 600 дал сортировки крепостью 39,6% об. Сколько ректифицированного спирта крепостью 96,5% об необходимо добавить в чан, чтобы довести крепость сортировки до 40% об? Вычислить объем исправленной сортировки.

Решение. По условию задачи крепость приготовленной сортировки ниже требуемой, следовательно имеет место вариант 1 исправления купажа. Необходимый объем спирта для укрепления купажа определяем по формуле (63)

$$V_{cn}^* = \frac{600 \cdot (40 - 39,6)}{96,5 - 40} = 4,25 \text{ дал.}$$

Объем сортировки после исправления вычисляют без учета контракции

$$V_{\kappa} = 600 + 4,25 = 604,25 \text{ дал.}$$

6.4. Задания и задачи

1. Требуется приготовить 450 дал сортировки крепостью 45% об. Сколько ректификованного спирта крепостью 96,0% об. и исправленной воды необходимо задать в сортировочный чан?

2. Требуется приготовить 150 дал водно–спиртового раствора крепостью 70% об. из ректификованного спирта крепостью 96,2% об. Рассчитать необходимое количество спирта и воды.

3. Произвести расчет купажа для изготовления 1000 дал наливки «Сливянка» из цеховых полуфабрикатов, показатели которых отличаются от стандартных. Данные о качестве стандартных и цеховых полуфабрикатов приведены в нижеследующих таблицах. Рецепт наливки «Сливянка» приведена в приложении 17.

Характеристика стандартных полуфабрикатов

Полуфабрикаты	Крепость, % об	Общее содержание, г/100 мл		
		Сахара в пересчете на сахарозу	Экстрактивных веществ	Кислот в пересчете на лимонную
Сливовый спиртованный сок	25,0	5,4	9,2	0,8
Черносливовый морс 1 и 2 слива	45,0	7,0	12,0	0,8
Сахарный сироп (65,8 %)	—	86,93	—	—

Характеристика цеховых полуфабрикатов

Полуфабрикаты	Крепость, % об	Общее содержание, г/100 мл		
		Сахара в пересчете на сахарозу	Экстрактивных веществ	Кислот в пересчете на лимонную
Сливовый спиртованный сок	24,5	5,8	9,4	0,6
Черносливовый морс 1 и 2 слива	44,6	6,7	11,5	0,9
Сахарный сироп	—	85,5	—	—
Спирт ректификованный в. о.	96,3	—	—	—

4. Крепость приготовленной сортировки составила 40,3% об. Общее количество сортировки 600 дал. Сколько исправленной воды необходимо добавить, чтобы довести крепость сортировки до 40% об?

5. Имеется 100 дал купажа настойки горькой «Петровская» фактической крепостью 40,2% об. Содержание сухих веществ в купаже соответствует кондиции. Определить необходимый объем

воды для исправления купажа. Вычислить объем купажа после его корректировки.

6. Имеется 200 дал купажа наливки «Запеканка украинская» фактической крепостью 19,6% об и экстрактивностью 46,6 г/100 мл. Сколько спирта крепостью 96,2 % об и сахарного сиропа концентрацией 86,9% требуется добавить в купажный чан для исправления купажа? Определить объем купажа после корректировки.

7. Требуется исправить 120 дал купажа наливки «Северная». Фактическая крепость купажа составляет 18 % об, фактическое содержание экстракта 32,3 г/100 мл. Сколько спирта крепостью 96,2 % об и сахарного сиропа концентрацией 86,9% необходимо добавить для исправления купажа? Определить объем купажа после корректировки.

8. Провести вычисления, необходимые для корректировки 250 дал купажа настойки «Вишневая», фактическая крепость которого составляет 17,5 % об, а экстрактивность 22,0 г/100 мл. Для укрепления используется спирт крепостью 96,3 % об.

9. Провести вычисления, необходимые для корректировки 150 дал купажа настойки сладкой «Боровинка», фактическая крепость которого составляет 20,0 % об, а экстрактивность 15,2 г/100 мл. Для исправления купажа используют спирт крепостью 96,2 % об и сахарный сироп с содержанием сухих веществ 86,8 г/100 мл.

10. Провести вычисления, необходимые для корректировки 400 дал купажа наливки «Запеканка украинская», имеющего крепость 20 % об и экстрактивность 47 г/100 мл. В распоряжении имеется спирт крепостью 96,5 % об.

11. Имеется 200 дал купажа наливки «Спотыкач» крепостью 21 % об и экстрактивностью 40,8 г/100 мл. Сколько воды и сахарного сиропа с содержанием сухих веществ 86,5 г/100 мл требуется добавить в купаж, чтобы довести его показатели до кондиции?

12. Провести вычисления, необходимые для корректировки 280 дал купажа наливки «Сливянка», крепость которого составляет 18,8 % об, а экстрактивность 27 г/100 мл. В распоряжении имеются спирт крепостью 96,6 % об и сахарный сироп с содержанием сухих веществ 86,8 г/100 мл.

13. Провести вычисления, необходимые для корректировки 380 дал купажа настойки сладкой «Боровинка», имеющего крепость

20,7 % об и экстрактивность 17 г/100 мл. Крепость имеющегося в распоряжении спирта составляет 96,2 % об.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «Технология бродильных производств и виноделия»
для студентов направления подготовки
19.04.01 Биотехнология
Направленность (профиль)
Биотехнология производства продукции из растительного сырья,
виноделия и бродильных производств

Методические указания для организации самостоятельной работы студентов

В настоящее время актуальными становятся требования к личным качествам студента – умению самостоятельно пополнять и обновлять знания, вести поиск необходимых учебных материалов.

Ориентация учебного процесса на саморазвивающуюся личность делает невозможным процесс обучения без предоставления студентам права выбора путей и способов обучения. Появляется новая цель образовательного процесса – воспитание компетентной личности, способной решать типичные проблемы и задачи исходя из приобретенного учебного опыта и адекватной оценки конкретной ситуации.

Достижение этой цели невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов над учебным материалом, *усиления ответственности преподавателя за развитие навыков самостоятельной работы*, за стимулирование профессионального роста студентов, воспитание их творческой активности и инициативы.

Сущность самостоятельной работы студентов как специфической педагогической конструкции определяется особенностями поставленных в ней учебно-познавательных задач. Следовательно, самостоятельная работа – это не просто самостоятельная деятельность учащихся по усвоению учебного материала, а *особая система условий обучения, организуемых преподавателем*.

1. Функции, задачи и виды самостоятельной работы студентов

Необходимость организации со студентами разнообразной самостоятельной деятельности определяется тем, что удастся разрешить противоречие между трансляцией знаний и их усвоением во взаимосвязи теории и практики.

Самостоятельная работа выполняет *ряд функций*, к которым относятся:

- *Развивающая* (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- *Информационно-обучающая* (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкреплённая самостоятельной работой, становится мало результативной);
- *Оrientирующая и стимулирующая* (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- *Воспитательная* (формируются и развиваются профессиональные качества специалиста);
- *Исследовательская* (новый уровень профессионально-творческого мышления).

основе самостоятельной работы студентов лежат следующие *принципы*: развития творческой деятельности, целевого планирования, личностно-деятельностного подхода.

Задачи самостоятельной работы студентов:

- ☐ систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- ☐ углубление и расширение теоретических знаний;
- ☐ формирование умения использовать справочную литературу;
- ☐ развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- ☐ формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- ☐ развитие исследовательских умений.

В учебном процессе высшего учебного заведения выделяют два вида самостоятельной работы: ***аудиторная и внеаудиторная***.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданиям.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом *по заданию преподавателя*, но без его непосредственного участия.

Внеаудиторная самостоятельная работа включает такие ***формы работы***, как:

- ☐ индивидуальные занятия (домашние занятия);
- ☐ изучение программного материала дисциплины (работа с учебником и конспектом лекции);
- ☐ изучение рекомендуемых литературных источников;
- ☐ конспектирование источников;
- ☐ выполнение контрольных работ;
- ☐ работа со словарями и справочниками;
- ☐ использование аудио- и видеозаписи;
- ☐ работа с электронными информационными ресурсами и ресурсами Internet;
- ☐ составление плана и тезисов ответа на семинарском занятии;
- ☐ составление схем, таблиц, ребусов, кроссвордов для систематизации учебного материала;
- ☐ выполнение тестовых заданий;
- ☐ решение задач
- ☐ подготовка презентаций
- ☐ ответы на контрольные вопросы;
- ☐ аннотирование, реферирование, рецензирование текста;

- ☐ написание эссе, тезисов, докладов;
- ☐ составление глоссария, кроссворда по конкретной теме;
- ☐ работа с компьютерными программами;
- ☐ подготовка к экзамену;
- ☐ групповая самостоятельная работа студентов:
- ☐ подготовка к занятиям, проводимым с использованием интерактивных форм обучения (дискуссии);
- ☐ получение консультаций для разъяснений по вопросам изучаемой дисциплины;

Содержание внеаудиторной самостоятельной работы определяется в соответствии с рабочей учебной программой и технологической картой дисциплины. Распределение объема времени на внеаудиторную самостоятельную работу в режиме дня студента *не регламентируется* расписанием.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать специфику специальности, изучаемой дисциплины, индивидуальные особенности студента.

2. Планирование и организация самостоятельной работы студента

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет студентам развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

Задачи преподавателя по планированию и организации самостоятельной работы студента:

1. Составление плана самостоятельной работы студента по дисциплине.
2. Разработка и выдача заданий для самостоятельной работы.
3. Обучение студентов методам самостоятельной работы
4. Организация консультаций по выполнению заданий (устный инструктаж, письменная инструкция).
5. Контроль за ходом выполнения и результатом самостоятельной работы студента.

Студент должен знать:

- ☐ Какие разделы и темы дисциплины предназначены для самостоятельного изучения (полностью или частично);
- ☐ какие формы самостоятельной работы будут использованы в соответствии с

рабочей программой;

- ☐ какая форма контроля и в какие сроки предусмотрены.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу студентов являются:

- ☐ рабочая учебная программа дисциплины;
- ☐ учебно-методический комплекс по дисциплине;
- ☐ методические указания для студентов по организации самостоятельной работы.

Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы являются обязательной частью учебно-методического комплекса.

Цель методических указаний – обратить внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, научить связывать теоретические положения с практикой, научить конкретным методам и приемам выполнения различных учебных заданий.

3. Требования к организации самостоятельной работы студентов при подготовке к аудиторным занятиям

3.1. Подготовка к лекциям

Главное в период подготовки к лекционным занятиям – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы.

В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин. Ежедневной учебной работе студенту следует уделять 9–10 часов своего времени, т.е. при шести часах аудиторных занятий самостоятельной работе необходимо отводить 3–4 часа.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтрашний день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Самостоятельная работа на лекции

Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

3.2. Подготовка к практическим занятиям

Подготовку к каждому практическому занятию каждый студент должен начать с ознакомления с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Если программой дисциплины предусмотрено выполнение практического задания, то его необходимо выполнить с учетом предложенной инструкции (устно или письменно). Всенные понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы семинара, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

3.3. Подготовка к лабораторным занятиям

При подготовке к лабораторным занятиям необходимо изучить лекционный материал, дополнительные источники литературы, рекомендованные преподавателем, а также самостоятельно подготовить ответы на вопросы к защите лабораторных работ.

3.4 Работа с литературными источниками

В процессе подготовки к практическим и лабораторным занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной

литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Рекомендуемая литература. Основная литература:

1. Балашов, В.Е. Практикум по расчету технологического оборудования для производства пива и безалкогольных напитков / В.Е. Балашов.— М.: Агропромиздат, 1988.— 192с.
2. Ермолаева, Г.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков / Г.А. Ермолаева, Р.А. Колчева.— М.: ИРПО; Изд. Центр «Академия», 2000.— 416 с.
3. Ермолаева, Г.А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия / Г.А. Ермолаева.— СПб.: Профессия, 2004.— 536 с.
4. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии. Инструкция по нормированию выходов этилового спирта при переработке крахмало- и сахаросодержащего сырья в спиртовой промышленности.— М.: ВНИИПБТ, 1996.— 48 с.
5. Косминский, Г.И. Технология солода, пива и безалкогольных напитков. Лабораторный практикум по теххимическому контролю производства / Г.И. Косминский.— Минск: Дизайн ПРО, 1998. — 352 с.
6. Кретов, И.Т. Инженерные расчеты технологического оборудования предприятий бродильной промышленности / И.Т. Кретов, С.Т. Антипов, С.В. Шахов.— М.: КолосС, 2004.— 391 с.
7. Меледина, Т.В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении / Т.В. Меледина.— СПб.: Профессия, 2003.— 304 с.
8. Новаковская, С.С. Производство хлебопекарных дрожжей: Справочник / С.С. Новаковская, Ю.И. Шишацкий.— М.: Агропромиздат, 1990.—335 с.
9. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации. Департамент пищевой, перерабатывающей промышленности и детского питания. Нормы технологического проектирования предприятий по производству ячменного пивоваренного солода. НТП 11–2002.— М.: Гипропищепром 2, 2002.—97 с.

10. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации. Департамент пищевой, перерабатывающей промышленности и детского питания. Нормы технологического проектирования предприятий спиртовой промышленности. НТП 10–12976–2000.– М.: Гипропищепром 2, 2000.– 164 с.
11. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков.– Л.: Химия, 1987.– 576 с.
12. Рецептуры водок и ликероводочных изделий / Под ред. Ковалевской А.И.– М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.– 336 с.
13. Рудольф, В.В. Производство безалкогольных напитков: Справочник /В.В. Рудольф, А.В. Орещенко, П.М. Яшнова.– СПб.: Профессия, 2000.– 360 с.
14. Справочник технолога ликероводочного производства / Под ред. В.Л. Яровенко.– М.: Пищевая промышленность, 1976.–256 с.
15. Технология спирта / В.Л. Яровенко [и др.]– М.: Колос, 1999.– 448 с.
16. Тихомиров, В.Г. Технология пивоваренного и безалкогольного производств / В.Г. Тихомиров.– М.: Колос, 1999.– 448 с.
17. Экспертиза напитков / В.М. Позняковский [и др.]– Новосибирск: Изд–во Новосиб. ун–та, 1999.– 334 с.