

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



П.Е. Баланов

ТЕХНОЛОГИЯ БРОДИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Учебно-методическое пособие



**Санкт-Петербург
2013**

УДК 663.4

Баланов П.Е. Технология бродильных производств: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 65 с.

Даны методические указания по методике проведения лабораторных работ, включающие в себя разделы по исследованию сырья и готовой продукции в индустрии пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья.

Приведен список литературы и указаны источники информации, которые следует использовать при самостоятельном изучении курса.

Издание предназначено бакалаврам очной и заочной форм обучения по направлению 260100 Продукты питания из растительного сырья.

Рецензент: кандидат техн. наук, доцент Н.В. Камышова

**Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом
Института холода и биотехнологий**



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики, 2013
© Баланов П.Е., Баракова Н.В., Радионова И.Е., 2013

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Анализ питьевой воды

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

1.1. Определение временной жесткости воды

Ход определения. 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 табл. 1.1.

Таблица 1.1

№ титрования	Объем H_2O V_{H_2O} , мл	Объем раствора HCl V_{HCl} , мл	Средний объем раствора HCl $V_{ср. HCl}$, мл	Нормальность раствора HCl $C_{н. HCl}$, моль/л
1	100			
2	100			
3	100			

Оформление результатов опыта:

1. Написать уравнения протекающих химических реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде. Объяснить причины щелочной реакции воды. Записать закон эквивалентов.

2. Рассчитать временную жесткость воды ($J_{врем}$ в мэкв/л) по формуле

$$Ж_{\text{врем}} = \frac{C_{\text{н.НCl}} \cdot V_{\text{сред.НCl}}}{V_{\text{H}_2\text{O}}} 1000.$$

1.2. 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 израсходуется все ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} . При этом количество вступившего в реакцию трилона Б эквивалентно количеству ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} .

Ход определения. 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 табл. 1.2.

Таблица 1.2

№ 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			

Оформление результатов опыта:

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

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

2. По табл. 1.3 определить, к какой группе относится анализируемая вода.

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

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

Таблица 1.3

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Лабораторная выпечка хлеба

В настоящее время разработано значительное количество ускоренных способов приготовления пшеничного теста. Из них практическое значение имеют:

- способ, основанный на применении полуфабрикатов с раздельным ведением процессов;
- экспрессный способ на концентрированной молочнокислой закваске;
- способ с применением жидких дрожжей;
- способ с применением жидкой окислительной фазы;
- интенсивная («холодная») технология хлебобулочных изделий;
- способ приготовления теста на основе замороженных полуфабрикатов и др.

Подробнее остановимся на одном из них.

Интенсивная («холодная») технология хлебобулочных изделий из пшеничной муки. По интенсивной технологии предусматриваются: однофазное приготовление теста без стадии брожения; интенсивный замес (или усиленная механическая обработка теста при замесе); пониженная температура теста (25–28 °С); применение дрожжей (3,5–

4,0 % к массе муки) с повышенной мальтазной активностью; внесение комплексных улучшителей определенного композиционного состава; использование небольших количеств сахара и жира (до 3 % к массе муки); стадия предварительной и окончательной расстойки при оптимальных условиях.

В результате исследований влияния вышеуказанных условий и средств на свойства теста и качество хлеба установлено, что использование дрожжей с высокой мальтазной активностью приводит к увеличению газообразования в тесте и повышению его газодерживающей способности. Дрожжи с высокой мальтазной активностью в большей степени, чем активированные, влияют на эти свойства.

Изменение свойств белковых веществ в тесте с добавлением дрожжей высокой мальтазной активности протекает более интенсивно, чем в тесте с неактивированными прессованными дрожжами; содержание сырой клейковины по сравнению с клейковиной муки уменьшается в большей степени (до 20 %), растяжимость клейковины также снижается примерно в 2 раза.

Применение интенсивного замеса теста при пониженной температуре (25–28 °С) повышает гидратацию муки, набухание белков, улучшает газодерживающую способность теста. Изменение свойств белковых веществ в тесте при расходе энергии от 20 до 25 Дж/г на его замес протекает более интенсивно, чем при затратах энергии в пределах от 8 до 10 Дж/г.

Использование комплексных улучшителей определенного состава (на основе ферментного препарата глюкозооксидазы или ферментативно-активной соевой муки в сочетании с аскорбиновой кислотой и другими пищевыми добавками) улучшает реологические свойства теста на протяжении всего периода приготовления теста, что приводит к повышению качества хлеба.

Стадия предварительной расстойки при относительной влажности паровоздушной среды 75 % в течение 20 мин и температуре 36 °С позволяет сократить продолжительность окончательной расстойки, улучшить реологические свойства тестовых заготовок по сравнению с заготовками, приготовленными без предварительной расстойки.

Использование жировых продуктов и сахара в небольших количествах (1–3 % к массе муки) в сочетании с вышеперечисленными элементами технологии улучшает качество хлеба.

При применении интенсивной технологии, включающей в себя взаимодействие всех вышеуказанных условий и средств при тестоприготовлении, сокращается общая продолжительность процесса производства хлебобулочных изделий в 3–3,5 раза по сравнению с опарным способом; снижаются затраты сухих веществ муки на брожение на 1,5–2,0 %; улучшаются свойства теста и качество хлеба.

Интенсивная технология хлебобулочных изделий из пшеничной муки в основном используется на предприятиях малой мощности – в пекарнях и на отдельных хлебозаводах с одно- и двухсменным режимом работы.

Цель работы. Приобретение навыков замеса, разделки теста, выбора режимов расстойки и выпечки. Освоение методик оценки качества готовых изделий.

Приборы и материалы. Весы торговые, весы технические (аналитические), емкости для взвешивания и подготовки сырья, сито для муки, скребки, шпатели, часы, термометр спиртовой, влагомер, фарфоровая ступка и пестик, мерный цилиндр, дистиллированная вода, раствор фенолфталеина и 0,1 н. раствор гидроксида натрия; емкости для брожения теста, формы и листы для выпечки хлеба, тестомесильная машина, расстойный шкаф; печь хлебопекарная; приспособление для измерения объема хлеба.

Сырье. Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, дрожжи прессованные хлебопекарные, соль поваренная пищевая, сахар-песок, маргарин, хлебопекарный улучшитель, вода питьевая.

2.1. Расчет рецептуры и количества воды

Расчет воды $G_{\text{в}}$, расходуемой на замес теста, кг:

$$G_{\text{в}} = \frac{\sum G_{\text{сырья}} (W_{\text{т}} - W_{\text{ср}})}{100 - W_{\text{т}}},$$

где $\sum G_{\text{сырья}}$ – сумма сухих веществ всех компонентов теста, кг; $W_{\text{т}}$ – влажность теста:

$$W_{\text{т}} = W_{\text{мяк}} + (0,5 \pm 1), \%,$$

здесь $W_{\text{мяк}}$ – влажность мякиша хлеба, % (сборник ГОСТов); $W_{\text{ср}}$ – средневзвешенная влажность сырья, %,

$$W_{\text{ср}} = \frac{G_{\text{м}} W_{\text{м}} + G_{\text{сл}} W_{\text{сл}} + G_{\text{др}} W_{\text{др}} + G_{\text{сах}} W_{\text{сах}} + G_{\text{марг}} W_{\text{марг}}}{G_{\text{сырья}}},$$

где G_m , $G_{сл}$, $G_{др}$, $G_{сах}$, $G_{марг}$ – количество муки, соли, дрожжей, сахара, маргарина, расходуемое на приготовление теста, г; W_m , $W_{сл}$, $W_{др}$, $W_{сах}$, $W_{марг}$ – влажность муки, соли, дрожжей, сахара, маргарина, %.

Влажность теста хлеба белого из пшеничной муки высшего сорта составляет 43,0 %

$$W_T = 43 + (0,5 \pm 1) = 44 \text{ \%}.$$

Данные для расчета рецептуры хлеба приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

**Рецептура хлеба белого из пшеничной муки высшего сорта
(кг на 100 кг муки)**

Наименование сырья	Количество, кг	W, % сырья	Количество сырья для приготовления хлеба из 400 г муки, г	
Мука пшеничная высший сорт	100	14,5	$G_m = 400$	
Дрожжи прессованные хлебопекарные	2,5	75	Рассчитать	$G_{др} - ?$
Соль поваренная пищевая	1,5	0	Рассчитать	$G_{сл} - ?$
Сахар-песок	1	0,15	Рассчитать	$G_{сах} - ?$
Маргарин	1	16	Рассчитать	$G_{марг} - ?$
Улучшитель	0,33	10	Рассчитать	$G_y - ?$
Вода	По расчету		Рассчитать	$G_v - ?$
<i>Итого</i>	106,33		ΣG сырья	

2.2. Подготовка сырья

Перед выпечкой ингредиенты сырья подвергаются следующим процессам обработки:

- мука (просеивание, очистка от металлических примесей, взвешивание);
- дрожжи (взвешивание, приготовление суспензии);
- соль (взвешивание, приготовление раствора);
- сахар (взвешивание, приготовление раствора);
- маргарин (взвешивание);
- улучшитель (взвешивание: 0,33–1,0 % от массы муки (процент берут в зависимости от марки улучшителя)).

Вода – расчет, подогрев до требуемой температуры и отмеривание.

Расчет температуры воды T_B , расходуемой на замес теста

$$T_B = t_T + \frac{C_M G_M (t_T - t_M)}{C_B G_B} + K, \text{ } ^\circ\text{C},$$

где t_T – заданная температура теста, $^\circ\text{C}$ ($t_T = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$); C_M – теплоемкость муки, кДж/(кг · К) ($C_M = 1,257$); G_M – количество муки, г; t_M – температура муки, $^\circ\text{C}$; C_B – теплоемкость воды, кДж/(кг · К) ($C_B = 4,19$); G_B – количество воды в тесте, г; K – поправочный коэффициент (летом принимается 0 и 1, в весеннее и осеннее время – 2; в зимнее – 3).

2.3. Замес и анализ теста

Цель замеса – получить однородную во всем объеме массу с оптимальными физическими свойствами для дальнейшей разделки, расстойки и выпечки.

Замес теста проводится вручную. Перед этим процессом предусмотренное по рецептуре количество муки помещают в сосуд, затем для получения теста отмеривают нужное количество воды необходимой температуры. Тесто после замеса имеет температуру $25 \text{ } ^\circ\text{C}$. В части этой воды предварительно растворяют соль, сахар и разводят прессованные дрожжи. Приготовленное для замеса сырье вначале замешивают со всем количеством муки, воду вносят в сосуд с мукой и при помощи шпателя (улучшитель добавляют в муку), а затем руками месят до полного перемешивания составных частей и получения однородной массы. Замешенное тесто взвешивают с точностью до 1 г, измеряют температуру и отбирают 20 г пробы теста для определения его начальной кислотности и влажности. Вычисляют выход теста V_T из 100 г муки, г:

$$V_T = \frac{M_{\text{т. после замеса}} \cdot 100}{M_{\text{муки}}}, \text{ } \%$$

Определение титруемой кислотности теста. Титруемая кислотность является важным показателем, характеризующим качество теста. По нарастанию титруемой кислотности можно судить о том, как протекал процесс в данной фазе (в отношении температурных условий и продолжительности), что важно для установления готовности теста.

Титруемая кислотность является объективным показателем готовности теста к разделке.

По величине титруемой кислотности готового теста судят и о кислотности хлеба из данного теста:

$$K_{\text{хл}} = K_{\text{т}} + (0,5 - 1).$$

Методика определения титруемой кислотности заключается в следующем. Отвешивают на технических весах 5 г теста. Навеску переносят в фарфоровую ступку и растирают с 50 мл дистиллированной воды. Сначала, добавляя воду по каплям, доводят навеску теста до состояния суспензии и затем доливают оставшуюся воду. Прибавляют 3–5 капель 1 %-го спиртового раствора фенолфталеина. Полученную питательную смесь титруют 0,1 н. раствором NaOH до появления бледно-розового окрашивания, не исчезающего в течение минуты.

Кислотность теста $X_{\text{т}}$ определяют по формуле

$$X_{\text{т}} = 2 aK,$$

где a – количество раствора NaOH, пошедшее на титрование, мл; K – поправочный коэффициент к титру щелочи.

Определение влажности теста. Влажность теста $W_{\text{т}}$ определяют экспрессным методом высушивания сразу после замеса при $T = 160$ °С на приборе ВНИИХП-ВЧ.

Берем две навески теста по 5 г, взвешенных на аналитических весах с точностью до 0,001 г. Эти навески высушивают на приборе ВНИИХП-ВЧ в течение 5 мин, охлаждают в эксикаторе в течение 1–2 мин. Затем снова взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,001 г. Вычисляют $W_{\text{т}}$ по разнице в массе теста до и после его высушивания (по сухому остатку):

$$W_{\text{т}} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} 100, \%,$$

где $W_{\text{т}}$ – влажность теста; M_1 – масса теста до высушивания, г; M_2 – масса теста после высушивания, г.

2.4. Брожение теста

Замешенное тесто помещают в сосуд для брожения, который устанавливают в термостат. В термостате поддерживают температуру 35 °С, а относительную влажность воздуха – 80–85 %. Если брожение

протекает без увлажнения воздуха, то тесто сверху укрывают мокрой тряпочкой, чтобы оно не заветривалось. Продолжительность отлежки-брожения теста составляет 30 мин.

2.5. Разделка теста

После 30-минутного брожения-отлежки кусок теста формуют вручную на столе, т. е. придают ему форму. Тестовую заготовку помещают в смазанную растительным маслом металлическую форму. Форму с тестом помещают в термостат при температуре 35 °С и относительной влажности воздуха $W_{\text{отн}} = 80 \%$. Продолжительность расстойки зависит от многих факторов и не регламентирована. Так, на продолжительность расстойки влияют: влажность и температура теста, масса тестозаготовок, наличие в рецептуре сахара и жира, улучшителей окислительного действия, сорт муки, сила муки, температура в расстойном шкафу. Окончание расстойки определяют органолептически – по состоянию и виду тестовых заготовок, не допуская их опадания. Определяют массу, конечную кислотность. Измеряют потери при брожении

$$П_{\text{бр}} = \frac{M_{\text{т.з до бр}} - M_{\text{т.з после бр}}}{M_{\text{т.з до бр}}}$$

По окончании расстойки форму с тестом сажают в печь.

2.6. Выпечка хлеба

Выпечку хлеба с увлажнением пекарной камеры проводят в печах при температуре 220–230 °С. Продолжительность выпечки зависит от следующих факторов:

- массы куска теста;
- сорта муки;
- сорта хлебобулочных изделий;
- формы изделий;
- рецептуры;
- способа выпечки (в формах или на поду);
- метода подвода теплоты и теплового режима выпечки;
- плотности посадки на поду;
- способа приготовления теста и его свойств и др.

По окончании выпечки верхнюю корку хлеба смазывают водой и взвешивают, определяя массу горячего хлеба. Находят величину потерь при выпечке (упек), %:

$$Y_{\text{п}} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} 100, \%$$

где M_1 – масса теста до выпечки, г; M_2 – масса горячего хлеба, г.

2.7. Охлаждение и анализ готового хлеба

Анализ готовых изделий проводят не ранее чем через 4 ч после выпечки. Хлеб анализируют по органолептическим показателям, определяют объем хлеба и удельный объем.

Органолептические показатели:

1. Правильность формы хлеба:

- с куполообразной верхней коркой;
- с заметно выпуклой верхней коркой;
- с едва выпуклой верхней коркой;
- с плоской верхней коркой;
- с вогнутой верхней коркой.

2. Состояние поверхности корки (органолептический метод):

безупречно гладкая, без пузырей, трещин, рубцов и следов подрыва, исключительно глянцевая;

достаточно гладкая, единичные мелкие пузыри, едва заметные мелкие короткие трещины и подрывы, глянцевая;

слегка пузырчатая, шероховатая, заметные, но некрупные трещины и подрывы, едва заметные рубцы, глянец слабый;

заметно пузырчатая, бугорчатая, крупные трещины и подрывы, заметные рубцы, неглянцевая, морщинистая;

разорванная корка с выплывом мякиша.

3. Окраска корок (по шкале цветовых эталонов):

- от темно-золотистой до коричневой;
- золотистая или интенсивно-коричневая;
- светло-золотистая или темно-коричневая;
- желтая;

бледная или «горелая».

4. Цвет мякиша, определяемый органолептически:

очень светлый;

светлый;

с сероватым или желтоватым оттенком;

сероватый или желтоватый;

серовато- или желтовато-темный.

5. Структура пористости, определяемая органолептически:

поры мелкие и тонкостенные, безусловно равномерно распределены по всему пространству среза мякиша;

поры мелкие и средние или только средние, тонкостенные, распределены достаточно равномерно;

поры различной величины, средней толщины, распределены неравномерно;

поры очень мелкие, недоразвитые или крупные, толстостенные, незначительное количество плотных беспористых участков, незначительные пустоты, заметное отслоение мякиша от корки;

значительное количество плотных (беспористых) участков, мякиш оторван от верхней корки, закал, значительные пустоты.

6. Структурно-механические свойства мякиша, определяемые органолептически:

очень мягкий, нежный, эластичный мякиш;

мягкий, эластичный мякиш;

удовлетворительно мягкий (немного уплотненный), эластичный мякиш;

заметно уплотненный, но эластичный или мягкий, заметно заминающийся мякиш;

сильно заминающийся, влажный на ощупь, липкий мякиш.

7. Аромат (запах) хлеба, определяемый органолептически:

интенсивно выраженный, характерный хлебный;

выраженный, характерный хлебный;

слабовыраженный, характерный хлебный;

невыраженный, слегка посторонний, но приемлемый;

сильнокислый, горьковатый, посторонний, неприятный.

8. Вкус, определяемый органолептически:

интенсивно выраженный, характерный хлебный;

выраженный, характерный хлебный;

слабовыраженный, характерный хлебный;

пресноватый, слегка кислый, слегка тестовый;

совершенно пресный, резкокислый, пересоленный, посторонний, неприятный.

9. Разжевываемость мякиша:

очень нежный, сочный, хорошо разжевывается;

достаточно нежный, слегка суховатый, хорошо разжевывается;

немного грубый, суховатый, слегка комкуется;

заметно грубый, сухой, крошится или слегка мажется, заметно комкуется;

сильно комкуется, мажется, клейкий.

Объем хлеба, см³. Объем хлеба измеряют с помощью специальных приспособлений или приборов (объемомерников), работающих по принципу вытесненного хлебом объема сыпучего заполнителя (мелкого зерна).

Приспособление для измерения объема хлеба. Это приспособление состоит из железной емкости (цилиндра или прямоугольного ящика), вращающейся вокруг горизонтальной оси и заключенной в емкость больших размеров, на дне которой имеется канал с задвижкой. Дополнительно к такому приспособлению необходимо иметь два ковша, линейку и два мерных цилиндра вместимостью 1000 мл каждый.

При определении объема хлеба применяют мелкое зерно (просо, сорго, рапс и т. д.). Для определения объема хлеба подготовленным зерном заполняют с избытком емкость 1 цилиндрической формы. Избыток зерна, обычно возвышающийся горкой над емкостью 1, ссыпают, сгребая ребром линейки в сосуд, и удаляют через канал; затем емкость 1 опрокидывают, поворачивая ее вокруг горизонтальной оси, и зерно собирают в ковш. Это зерно служит для дальнейшего измерения объема хлеба.

Небольшое количество зерна из ковша высыпают в емкость 1. На него осторожно, не приминая, кладут пробу хлеба и засыпают его оставшимся в ковше зерном с образованием горки над емкостью 1.

Избыток зерна ссыпают в емкость 2 (цилиндрической формы), сгребая его ребром линейки, а затем открывая задвижку течи в мерный цилиндр. Объем зерна в цилиндре в миллиметрах равен испытуемой пробе хлеба.

При заполнении емкости 1 зерно надо засыпать ровной струей с одной и той же высоты (10 см от верха емкости). При этом нельзя допускать смещения аппаратуры, встряхивания и постукивания во избежание уплотнения зерна в сосуде.

Удельный объем хлеба, см³/100 г. Удельный объем хлеба определяют путем деления величины объема хлеба V в кубических сантиметрах на его массу m в граммах:

$$V_{\text{уд}} = V / m.$$

Оформление результатов работы:

- Расчет рецептуры, необходимого количества сырья и температуры воды приведен в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Наименование показателя	Значение
Продолжительность замеса теста, мин	
Продолжительность брожения теста, мин	
Продолжительность разделки теста, мин	
Масса тестовой заготовки, г	
Продолжительность расстойки тестовых заготовок, мин	
Температура в расстойном шкафу, °С	
Относительная влажность воздуха, %	
Продолжительность выпечки хлеба, мин	
Температура в печи, °С	

- Результаты анализа теста (табл. 2.3)

Таблица 2.3

Наименование показателя	Значение
Температура теста, °С:	
начальная	
конечная	
Масса теста после замеса, г	
Выход теста из 100 г муки, %	
Влажность теста:	
масса пустого пакета a , г	
масса пакета с навеской до высушивания b , г	
масса пакета с навеской после высушивания c , г	
массовая доля влаги $W = (b - c)/(b - a)$, %	
Кислотность:	
количество щелочи, пошедшей на титрование, мл	
кислотность, град	

- Органолептическая характеристика готовых изделий (табл. 2.4)

Таблица 2.4

Наименование показателя	Значение
Внешний вид: характеристика корки цвет корки цвет мякиша Вкус и аромат хлеба Характер мякиша (структура) Состояние пористости	

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Приготовление пивного сусла

Приготовление пивного сусла включает в себя следующие технологические операции:

- затирание зернопродуктов;
- фильтрование затора;
- кипячение сусла с хмелем (варка).

3.1. Затирание

Важнейшим процессом при производстве охмеленного сусла является превращение нерастворимых компонентов солода в растворимый экстракт в результате ферментативных реакций. Получившийся раствор называют суслом, а сумму растворенных в нем веществ – экстрактом.

Основными продуктами гидролиза крахмала в сусле являются глюкоза, мальтоза, мальтотриоза, олигосахариды с числом гликозидных остатков более трех, а также α -1,4 (неразветвленные) и α -1,6 (разветвленные) декстрины,

Продукты гидролиза белков участвуют в формировании вкуса и аромата пива, определяют его пенообразование и пеностойкость.

Продукты гидролиза разделяют на три фракции (по Лундину) – *A*, *B*, *C*. К фракции *A* относят высокомолекулярные коагулируемые азотистые соединения, снижающие коллоидную стойкость пива; к фракции *B* – альбумозы, пептоны, полипептиды, относящиеся к поверхностно-активным веществам и способствующие пенообразова-

нию; к фракции С – низкомолекулярные соединения (пептиды и аминокислоты), которые необходимы для питания дрожжей. Сумму ассимилируемых дрожжами пептидов и свободных аминокислот называют формольным азотом.

3.2. Фильтрация затора

Данный процесс предусматривает отделение полученного раствора (сусла) от нерастворимых веществ (дубины). Этот процесс состоит из двух этапов:

- 1) отделение полученного сусла с помощью фильтрации (получение первого сусла);
- 2) вымывание оставшегося после фильтрации в дубине сусла с помощью горячей воды (выщелачивание или промывание дубины).

3.3. Кипячение сусла с хмелем

В результате кипячения происходят:

испарение избытка воды (получение сусла с заданной массой сухих веществ);

инактивация ферментов солода, коагуляция белков и образование «бруха»;

растворение ценных компонентов хмеля;

испарение летучих компонентов, в частности диметилсульфида, отрицательно сказывающихся на вкусе и аромате пива.

Горечь сусла придают горькие вещества хмеля, которые подразделяются на мягкие смолы (α -горькие кислоты – гумулоны, и β -горькие кислоты – лупулоны), неспецифические мягкие смолы (резупоны) и твердые смолы. Среди них следует выделить α -горькие кислоты, в частности такие аналоги, как гумулон – основной носитель горечи, и когумулон, который негативно влияет на восприятие горечи. Эти вещества нерастворимы в сусле и переходят в него только после изомеризации во время кипячения сусла с хмелем.

В процессе кипячения сусла с хмелем также происходит меланоидинообразование, вследствие которого цвет сусла «увеличивается».

3.4. Определение качества помола солода

Степень измельчения сухого солода на дробильной машине характеризуется количественным соотношением в помоле отдельных фракций: шелухи, крупной и мелкой крупки и муки. Это соотношение зависит от влажности солода, состояния его эндосперма, пленчатости и др. Поэтому при изменении качественной характеристики солода регулируют дробильные машины, контролируя их по составу помола.

Приборы и материалы: мельница лабораторная; весы технические; лабораторный рассев; стеклянный сосуд с крышкой; средний образец солода.

Ход определения. Из-под вальцов дробилки отбирают некоторое количество дробленого продукта, взвешивают и помещают его на верхнее сито лабораторного рассева (сита с размером отверстий 1,25; 1,0; 0,56 мм установлены в наборе одно под другим). Встряхивая сита в течение 5 мин с частотой 300 колебаний в 1 мин, образец разделяют на фракции. Остаток на верхнем (первом) сите представляет собой шелуху, на втором – крупную крупку, на третьем – мелкую крупку. Остаток на поддоне составляет муку.

Фракции взвешивают и вычисляют массовую долю каждой из них (A , %) по формуле

$$A = \frac{B \cdot 100}{C},$$

где B – масса измельченного зерна данной фракции (на сите или на поддоне), г; C – общая масса измельченного зерна, взятая на анализ, г.

Пример. Для анализа взяли 92 г дробленого солода. После просеивания остаток на первом сите составил 17,9 г; на втором – 24,2 г; на третьем – 31,1 г. Сумма остатков на поддоне – 18,8 г.

$$\begin{aligned} \text{Содержание: шелухи} & - \frac{17,9 \cdot 100}{92} = 19,5 \%; \text{ муки} - \frac{18,8 \cdot 100}{92} = \\ & = 20,4 \%; \text{ крупной крупки} - \frac{24,2 \cdot 100}{92} = 26,3 \%; \text{ мелкой крупки} - \\ & \frac{31,1 \cdot 100}{92} = 33,8 \%. \end{aligned}$$

При фильтровании затора в фильтрационном аппарате оптимальным считают следующий состав продуктов: шелухи от 15 до 18 %; крупной крупки от 18 до 22 %; мелкой крупки от 30 до 35 %; муки – от 25 до 35 %.

При фильтровании в фильтре-прессе оптимальный состав продуктов следующий: шелуха – от 9 до 12 %; крупная крупка – от 12 до 15 %; мелкая крупка – от 30 до 35 %; мука – от 40 до 45 %. Для фильтра-пресса современной конструкции имеем такие показатели: шелуха – 1 %; крупная крупка – 2 %; мелкая крупка – 15 %; мука – до 82 %. В помоле не должно быть целых зерен.

Для оценки качества дробления увлажненного солода в цилиндрический ситчатый пробоотборник отбирается его образец, который подставляют в центр поступающей в заторный аппарат струи, состоящей из смеси воды и измельченного солода. Образец равномерно рассыпают на металлическом листе размером 500×400 мм и визуально устанавливают качество дробления. Определяют целостность оболочки, крупность дробления эндосперма, наличие целых зерен. Целые зерна отделяют и определяют их количество в процентах.

3.5. Затираание солода для получения сусле с массовой долей сухих веществ 11 %

Целью затираания является перевод в водный раствор нерастворимых частей засыпи, главным образом, всего крахмала, части белков солода и т. д. Для расщепления этих высокомолекулярных соединений зернового эндосперма на растворимые компоненты используются реакции, катализируемые ферментами солода. При затираании зернопродуктов с водой происходит также экстрагирование небольшого количества растворимых компонентов засыпи.

Сущность затираания состоит в том, что затор или его части постепенно нагревают до температуры осахаривания. В практике различают два основных типа затираания – инфузионное (настоянный способ) и декокционное (затираание с отварками).

При инфузионном затираании используют одновременно все ферменты, содержащиеся в обрабатываемом солоде. Таким образом, весь затор постепенно нагревается до температуры осахаривания без дальнейшего его кипячения. Заторная масса медленно нагревается до 75 °С с соблюдением выдержек для цитолитического гидролиза, гидролиза белков и осахаривания крахмала.

Приборы и материалы: электроплитки; водяная баня; заторные стаканы; мельница лабораторная; весы технические; воронки диаметром 20 см; стаканы вместимостью 500 см³; колбы на 500 и

1000 см³; сахаромеры (в частности, ареометры); фильтровальная бумага; 0,01 н. раствор йода для определения осахаривания затора.

Ход определения. Затирание начинают в двух заторных стаканах, в которые отвешивают по 100 г измельченного солода, заливают по 400 см³ воды температурой 50 °С, при этой температуре делают выдержку в течение 40 мин в водяной бане, далее температуру затора поднимают до 63 °С и выдерживают в течение 30 мин, затем нагревают затор до 70 °С и выдерживают до полного осахаривания (проба на йод).

Продолжительность превращения крахмала в редуцирующие сахара и неокрашиваемые йодом ахро- и мальтодекстрины под действием ферментов солода зависит от времени (в минутах), необходимого для полного осахаривания затора при 70 °С. Когда температура затора достигнет 70 °С, через каждые 5 мин отбирают стеклянной палочкой каплю затора и на фарфоровой пластинке смешивают его с каплей раствора йода (смесь 20 см³ 0,1 н. раствора йода с 80 см³ воды), слегка наклоняя пластинку. Для сравнения на ту же пластинку помещают каплю дистиллированной воды, смешанной с каплей йода. Зависимость окрашивания раствора йода от длины цепи молекулы декстринов приведена в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Зависимость окрашивания раствора йода от длины цепи молекулы декстринов

Цепочки, состоящие из глюкозидных остатков	Число спиральных колец	Окрашивание раствором йода
Более 45	8	Синее
40	7	Фиолетовое
36	6	Фиолетово-пурпурное
31	5	Пурпурно-красное
12	2	Слабо-красное
Менее 9	1,5	Отсутствует

Далее затор подогревают до 75 °С, выдерживают в течение 10 мин и фильтруют.

Фильтрацию осуществляют на воронках через двойной складчатый фильтр, перенося на него весь затор. Сначала сцеживают первое сусло до осушения дробины; далее промывают дробину горячей водой (температуры от 75 до 80 °С) до тех пор, пока количество фильтруемого сусла не достигнет 0,5 л (не более). Полученное сусло (примерно по 0,5 л) смешивают, охлаждают до 20 °С, доводят плотность до 11 %, замеряют объем.

3.6. Кипячение сусла с хмелем

При варке сусла с хмелем наибольшее значение имеют экстракция ароматических и горьких веществ хмеля, коагуляция высокомолекулярных белков, образование адсорбционных белково-дубильных соединений «бруха», реакции меланоидинообразования.

Приборы и материалы: электроплитка; толстостенная колба вместимостью 1 дм³; гранулированный хмель; фильтровальная ткань.

Ход определения. Для коагуляции белков суслу дают прокипеть 30 мин, далее вносят необходимое количество хмеля (вносить нужно осторожно, так как возможно резкое вспенивание кипящего сусла и выброс его из колбы). Сусло с хмелем кипятят 30 мин, стараясь сохранить постоянный объем сусла (1 л), доливая кипящую воду, если наблюдается сильное испарение.

После кипячения с хмелем сусло охлаждают до 20 °С, доводят плотность до первоначальной (11 %), фильтруют через ткань, отливают 700 см³ сусла в бутылку, вносят для забраживания густые дрожжи в количестве 0,5 % от объема сусла (это составляет около 15 млн кл /мл), закрывают бутылку рыхлым ватным тампоном и ставят на брожение в холодильник при температуре от 10 до 12 °С.

Оставшиеся 300 см³ охмеленного сусла оставляют для определения всех качественных показателей готового сусла.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Анализ готового пивного сусла

4.1. Отбор проб и определение концентрации сухих веществ

Перед перекачкой сусла на охлаждение пробы для его анализа отбирают в сосуд с крышкой из суловарочного аппарата. Путем фильтрования через воронку с сеткой сусло освобождают от хмелевой дробины. Для взятия пробы удобен металлический сосуд, имеющий крышку с сеткой. Его опускают в сусло, и хмелевая дробина задерживается этой сеткой.

Для определения концентрации экстрактивных веществ применяют ареометры – сахаромеры со шкалами 0–8, 8–16, 16–24 % или с интервалами делений 0–15, 5–15, 10–20, 15–25 %. Эти приборы представляют собой стеклянные цилиндрические сосуды, запаянные с обоих концов. Нижняя часть приборов заполнена свинцовой дробью, чтобы они плавали строго вертикально. В верхней части имеется шкала с делениями, градуированная по растворам чистой сахарозы при температуре 20 °С (цена деления 0,1 мас. %). В чистых растворах сахарозы сахаромеры показывают процент массы растворенного сахара. В нечистых растворах (например, в пивном сусле) они показывают видимое содержание СВ (мас. %).

Каждая лаборатория должна иметь «образцовый» сахаромер, переградуированный по суслу, показание массовой доли для которого установлено пикнометрически. С этой целью для определенного образца сусла показания сахаромера сравнивают с данными, полученными при помощи пикнометра. Величину поправки принимают равной разнице между массовой долей СВ, определенной пикнометрически, и показанием сахаромера (по трем–пяти определениям). Поправку к сахаромерам, передаваемым в варочный цех, устанавливают по «образцовому» сахаромеру лаборатории.

При отклонении температуры анализируемого раствора от 20 °С в показания сахаромера вносят поправку (табл. 4.1).

При анализе пробу сусла отбирают из сусловарочного аппарата перед перекачкой его на охлаждение. Путем фильтрования через сетку сусло освобождают от дробины, охлаждают до 20 °С и наливают в стеклянный цилиндр, диаметр которого в два–три раза больше диаметра сахаромера. Цилиндр ставят на горизонтальный поддон и плавно погружают чистый и сухой сахаромер в сусло на два–четыре деления глубже по сравнению с глубиной, на которой он сам установлен в жидкости.

При погружении сахаромера избыток сусла вытекает в поддон. Отсчет концентрации экстрактивных веществ производится по шкале сахаромера через 2–3 мин после выравнивания температуры сусла.

Таблица 4.1

Поправки на температуру к показаниям сахаромера

Температура, °С	Показания сахаромера, %				
	5	10	15	20	25
<i>Из показаний сахаромера вычитают</i>					
5	0,47	0,56	0,65	0,73	0,80
6	0,44	0,53	0,61	0,68	0,74
7	0,43	0,51	0,58	0,64	0,70
8	0,41	0,48	0,54	0,60	0,65
9	0,39	0,45	0,51	0,56	0,61
10	0,38	0,43	0,48	0,52	0,57
11	0,35	0,40	0,44	0,48	0,51
12	0,32	0,36	0,40	0,43	0,46
13	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41
14	0,26	0,29	0,31	0,34	0,36
15	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30
16	0,18	0,20	0,22	0,23	0,25
17	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19
18	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13
19	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06
<i>К показаниям сахаромера прибавляют</i>					
21	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07
22	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13
23	0,16	0,17	0,17	0,19	0,20
24	0,22	0,23	0,24	0,26	0,27
25	0,28	0,30	0,31	0,32	0,34

Для достижения большей точности измерения ареометром придерживаются следующих правил:

- погруженный в жидкость ареометр не должен касаться стенок цилиндра;
- поверхность ареометра должна быть обезжиренной, сухой и чистой;
- исследуемая жидкость не должна содержать пузырьков воздуха и пены.

Новые сахаромеры при температуре 20 °С проверяются по 20 %-му раствору сахарозы (60,0 г сахара-рафинада на 240 г дистиллированной воды).

Для исследовательских работ применяют ареометры общего назначения, предназначенные для определения плотности жидкости

при 20 °С в пределах 0,7–2 г/см³. Такие ареометры называют денсиметрами.

4.2. Определение полноты осахаривания

Полноту осахаривания определяют по йодной пробе. В сомнительных случаях крахмал и высокомолекулярные декстрины осаждают из сусла этиловым спиртом, осадок растворяют в воде и по цветной реакции с йодом судят о полноте осахаривания.

Приборы и материалы: пробирки с делениями 5, 10 и 30 см³; микроскоп; этиловый спирт; 0,1 н. раствор йода.

Ход определения. Для этого используют пробирку с делениями 5, 10 и 30 см³. Вначале наливают сусло до деления 5, а затем до деления 30 – этиловый спирт; пробирку закрывают пробкой и встряхивают, стараясь избегать образования пены. После отстаивания прозрачную жидкость сливают, а к оставшемуся осадку добавляют воду до деления 10. После растворения осадка вносят две–три капли 0,1 н. раствора йода. В контрольную пробирку для сравнения наливают 10 см³ воды, прибавляют две–три капли йода и встряхивают. Синяя или синефиолетовая окраска в опытной пробирке свидетельствует о присутствии в сусле крахмала; красная окраска – о наличии эритродекстринов; желтая окраска говорит об их отсутствии, т. е. о полном осахаривании крахмала.

Для подтверждения того, что в заторе имеется неосахаренный крахмал, рекомендуется проводить микроскопическую пробу на осахаривание. На предметное стекло наносят по одной капле исследуемого сусла (без грубых взвешенных частиц) и 0,05 н. раствора йода, накрывают покровным стеклом и микроскопируют при увеличении в 200–300 раз. При неполном осахаривании ясно заметны окрашенные в синий цвет бесформенные сгустки крахмального клейстера, или крахмальные зерна.

4.3. Определение цвета сусла

Цвет в лабораторном сусле определяют либо путем колориметрического титрования, либо спектрофотометрическим методом. Выражают его в кубических сантиметрах 0,1 н. раствора йода на 100 см³ воды.

4.4. Определение цвета методом колориметрического титрования

Приборы и материалы: химические стаканы на 100...150 см³; микропипетка или микробюретка; компаратор; 0,1 н. раствор йода.

Ход определения. В один стакан наливают исследуемое сусло, в другой – воду (по 100 мл) и прибавляют в последний при размешивании из микробюретки 0,1 н. раствор йода. Йод вливают в оба стакана, наблюдая за изменением окраски в проходящем свете и сверху до тех пор, пока цвет жидкости не станет одинаковым. В случае темной окраски сусла его разбавляют водой и при расчетах учитывают степень разбавления.

4.5. Спектрофотометрический метод определения цвета

Цвет заводского пивного сусла определяется так же, как и цвет лабораторного сусла. По аналитике ЕВС (Европейской пивоваренной конвенции) и МЕВАК (Аналитической комиссии стран Центральной Европы) используется спектрофотометрический метод определения цвета сусла, применимый ко всем типам производственного сусла. Измерение оптической плотности проводят при 430 нм, а цвет в единицах ЕВС получают умножением оптической плотности на известный коэффициент. Перед анализом сусло должно быть осветлено, а пиво освобождено от диоксида углерода.

Если мутность сусла выше 1 ед. ЕВС, оно должно быть отфильтровано до полной прозрачности на мембранном фильтре с размером пор 0,45 мкм. Если сусло очень мутное, то его осветляют перед фильтрованием на мембранном фильтре, добавляя кизельгур в количестве 1 г/дм³. Чтобы определить, достаточно ли прозрачен исследуемый образец, измеряют его оптическую плотность при 700 и 430 нм (A_{700} и A_{430}). Если $A_{700} < 0,039 A_{430}$, то образец считают прозрачным.

Цвет определяют, измеряя оптическую плотность при 430 нм по отношению к воде в кюветах 5 или 10 мм.

Сусло разбавляют так, чтобы оптическая плотность находилась на участке линейной зависимости «оптическая плотность–концентрация сусла» (значение до 0,8). Измерение в кювете 5 мм дает преимущество, так как темное сусло может быть исследовано без допол-

нительного разведения. Предварительно в спектрофотометре проверяют оптическую плотность по воде, которая должна составить 0,00.

Цвет (C , ед. ЕВС) рассчитывают по формуле

$$C = A_{430} F \cdot 25,$$

где A_{430} – поглощение света при 430 нм в кювете 10 мм; F – фактор разведения; 25 – коэффициент.

Можно воспользоваться также формулой

$$C = A_{430} F \cdot 50,$$

где A_{430} – поглощение при 430 нм в кювете 5 мм; 50 – коэффициент.

4.6. Определение кислотности

Активная кислотность в сусле определяется с помощью рН-метра, а титруемая кислотность – титрованием лабораторного сусла 0,1 н. раствором гидроксида натрия.

Приборы и материалы: установка для титрования; коническая колба вместимостью 100 см³; 0,1 н. раствор гидроксида натрия; фенолфталеин; рН-метр.

Ход определения. При определении титруемой кислотности в коническую колбу вместимостью 100 см³ помещают 10 см³ лабораторного сусла, добавляют 40 см³ воды и три–четыре капли раствора фенолфталеина, а затем титруют раствором гидроксида натрия концентрацией 0,1 моль/дм³ до появления слабо-розовой окраски, которая сохраняется в течение 30 с. Если окраска исчезает раньше, то проводят дополнительное титрование.

Темное сусло цветом выше 3 цв. ед. предварительно разбавляют водой в соотношении 1:3.

Кислотность сусла (X , см³) рассчитывают по количеству израсходованного раствора гидроксида натрия концентрацией 1 моль/дм³ на 100 см³ сусла по формуле

$$X = V K_1 K_2,$$

где V – объем раствора гидроксида натрия концентрацией 0,1 моль/дм³, израсходованный на титрование, см³; K_1 – коэффициент поправки ра-

бочего раствора гидроксида натрия; K_2 – коэффициент разбавления темного сусла ($K_2 = 4$).

Для обеспечения стандартной кислотности пива кислотность сусла не должна превышать (ориентировочно) следующие величины (кубический сантиметр 1 н. раствора гидроксида натрия на 100 см³ сусла): для 11 %-го – 2,3; для 12 %-го – 2,4; для 13 %-го – 2,7; для 14 %-го – 3,0; для 18 %-го – 4,6.

Активную кислотность измеряют на рН-метре по методике, изложенной в паспорте, прилагаемом к прибору. Правильность работы рН-метра проверяется по буферному раствору с рН 4,0, приготовленному из фиксаналов, предназначенных для приготовления образцовых буферных растворов, например 0,05 моль/дм³ раствора гидрофталата калия ($K_2C_8H_5O_4$).

Активную кислотность определяют рН-метром в сусле, получаемом при фильтровании затора через бумажный фильтр. В отечественной методике и методике МЕВАК определение рН производят аналогично.

рН влияет на осаждение белков при кипячении, на растворимость горьких веществ, содержащихся в хмеле, на ферментативное расщепление при брожении, а также на цвет сусла и пива. Значение рН затора должно находиться в пределах 5,5–5,6. Отклонение от этой величины в щелочную сторону, наблюдаемое обычно при работе на карбонатной воде, свидетельствует о необходимости подготовки воды для затирания. Охмеленное готовое сусло имеет рН 5,3–5,5.

4.7. Определение содержания изогумулона

Изогумулон – основной компонент горьких веществ охмеленного сусла, образующийся при изомеризации гумулона (α -кислоты) хмеля при кипячении сусла. Содержание его в сусле колеблется в значительных пределах и зависит от массы задаваемого хмеля, содержания α -кислоты в хмеле, глубины экстракции и изомеризации его в процессе кипячения сусла. Определение изогумулона необходимо как для правильного нормированного расхода хмеля, так и для контроля режима охмеления.

Метод определения изогумулона в сусле основан на экстракции его из сусла изооктаном (2, 2, 4-триметилпентаном) и определении оп-

тической плотности изооктанового экстракта на спектрофотометре при длине волны 275 нм.

Приборы и материалы: спектрофотометр с кварцевыми прямоугольными кюветами шириной 10 мм; стеклянные цилиндры со шлифами и притертыми пробками на 50 см³; изооктан с дополнительной очисткой (в колонке с силикагелем марки АСМ, длина колонки 500 мм, диаметр 35 мм); этиловый спирт для очистки кювет и 3 н. раствор соляной кислоты.

Разница между величинами оптической плотности двух кювет спектрофотометра, заполненных растворителем, не должна быть более 0,005. При больших расхождениях оптическую плотность кюветы принимают за единицу и по отношению к ней определяют оптическую плотность другой кюветы, вычисляя затем поправку на неидентичность кювет. Для измерения оптической плотности в первую кювету наливают растворитель, а во вторую – изооктановую вытяжку горьких веществ и от полученной величины вычитают поправку.

Ход определения. Сусло освобождают от взвешенных частиц центрифугированием. Отбирают пипеткой 10 см³ сусла, переносят в стеклянный цилиндр, добавляют 1 см³ 3 н. раствора соляной кислоты и 20 см³ изооктана, закрывают цилиндр пробкой и встряхивают в течение 30 с. Цилиндр оставляют в покое для разделения слоев жидкости. После отстаивания пипеткой осторожно отбирают часть прозрачного верхнего слоя и переносят в кювету, не доливая ее примерно на 10 мм до верхнего края. В другую кювету наливают чистый изооктан, кюветы помещают в спектрофотометр и определяют оптическую плотность D при длине волны 275 нм. Содержание изогумулона (мг/дм³) рассчитывают по формуле

$$C_{\text{из}} = 57,2 D - 5,9.$$

Пример. Оптическая плотность $D = 0,55$. В этом случае содержание изогумулона составит

$$C_{\text{из}} = 57,2 \cdot 0,55 - 5,9 = 25,56 \text{ мг/дм}^3.$$

Расхождение между результатами двух определений не должно превышать 1,2 мг/дм³.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Анализ пивной дробины

Солодовую дробину подвергают анализу на содержание в ней экстрактивных веществ. Масса их зависит от качества солода и несоложенных зернопродуктов, от правильности их переработки на стадии дробления, затирания и фильтрования.

Общий экстракт дробины состоит из вымываемого и остаточного экстракта и выражается в процентах к массе переработанного сырья.

Вымываемый экстракт составляет ту часть общего экстракта, которая может быть извлечена дополнительным промыванием дробины горячей водой. Определяют его при анализе отжатой из влажной дробины жидкости и пересчитывают на массу затертых зернопродуктов. В большинстве случаев высокое содержание вымываемого экстракта в дробине является следствием неправильного дробления зернопродуктов и нарушения режима фильтрования.

Невымываемый экстракт – это остаточный экстракт, представляющий разность между общим и вымываемым экстрактом. Его можно извлечь из дробины только при дополнительном осахаривании ее солодовой вытяжкой. Высокое содержание невымываемого экстракта – результат плохого растворения солода, низкой его осахаривающей способности, недостаточного измельчения зернопродуктов, нарушения режима затирания.

Общий экстракт в дробине не должен превышать 1,5–2,0 %, в том числе 0,5–0,7 % вымываемого и 0,8–1,2 % невымываемого (к массе сырья).

На производстве определяют общий и вымываемый экстракт дробины, а невымываемый находят по разности между ними.

5.1. Отбор средней пробы

После окончания фильтрования и стекания промывных вод из фильтрационного аппарата отбирают дробину в трех и более точках небольшим черпаком вместимостью не более 1 дм³ с длинной ручкой. Из фильтра-пресса разовые пробы дробины отбирают при стряхивании ее с салфеток.

Разовые пробы дробины собирают в отдельном сосуде (например, в чистом ведре вместимостью 5–10 дм³), тщательно перемешивают 1–2 мин и отбирают в стеклянный сосуд с крышкой пробу массой около 1 кг. Если невозможно провести анализ сразу же, пробу помещают в широкогорлую стеклянную колбу с пробкой и хранят не более суток при температуре 2 °С.

По внешнему виду дробина представляет собой раздробленный вываренный зерновой продукт полужидкой консистенции от светло-желтого до темно-коричневого цвета. Запах ее напоминает запах ячменного солода.

5.2. Определение содержания общего экстракта и массовой доли влаги

Содержание общего экстракта определяют в высушенной дробине опытным затиранием с солодовой вытяжкой и выражают в процентах к массе переработанного сырья.

Приборы и материалы: весы технические; стеклянные пластинки; сушильный шкаф; мельница тонкого помола; заторный стакан; водяная баня; термометры; конические и круглодонные колбы; складчатые фильтры; пикнометр.

Ход определения. Навеску влажной дробины массой 500 г помещают тонким слоем (около 1 см) на стеклянные пластинки и подсушивают в течение 2 ч при температуре 60 °С. Затем ее смешивают и размалывают на мельнице для тонкого помола (в помоле должно быть не менее 85 % муки). В этой же пробе путем высушивания в течение 3 ч определяют массовую долю влаги дробины при температуре 105 °С. Массовая доля влаги рассчитывается так же, как и для ячменя.

Для определения общего экстракта 25 г тонкоразмолотой высушенной дробины помещают в заторный стакан с 200 см³ воды, помешиванием доводят содержимое до кипения и кипятят в течение 20 мин на асбестовой сетке или песочной бане. Затем содержимое заторного стакана охлаждают до 70–75 °С, устанавливая его в гнездо предварительно нагретой до 70 °С водяной бани, доливают 100 см³ солодовой вытяжки и перемешивают при этой температуре в стакане в течение 1 ч. После этого содержимое стакана быстро охлаждают до комнатной температуры, мешалку ополаскивают водой, сливая ее внутрь стакана. В стакан наливают воду до массы 300 г и фильтруют через складчатый фильтр

в сухую колбу. Первые 100 см³ фильтрата фильтруют вторично. В фильтрате определяют пикнометром относительную плотность и, пользуясь таблицей из приложения, находят содержание экстрактивных веществ (мас.%).

Для приготовления солодовой вытяжки 100 г тонкоразмолотого светлого солода смешивают с 400 см³ воды, оставляют на 2 ч, периодически размешивая, и фильтруют через бумажный складчатый фильтр. Желательно, чтобы вытяжка содержала примерно 4 % экстрактивных веществ.

Экстрактивность высушенной дробины в пересчете на сухое вещество (E_1 , %) вычисляют по формуле

$$E_1 = \frac{m_{\phi} (1099,64 + W_1) - 400 m_{\text{в}} d_{\text{в}} + 36}{(100 - W_1)(100 - m_{\phi})} 100,$$

где m_{ϕ} – содержание экстрактивных веществ в фильтрате после осахаривания дробины, мас.%; W_1 – массовая доля влаги высушенной пивной дробины, %; $m_{\text{в}}$ – массовая доля сухих веществ в солодовой вытяжке, %; $d_{\text{в}}$ – относительная плотность солодовой вытяжки.

Массовую долю общего экстракта в пивной дробине к массе затертых зернопродуктов (E_2 , %) вычисляют по формуле

$$E_2 = \frac{E_1 [100 - (E_0 + W_0)]}{(100 - E_1)},$$

где E_0 – экстрактивность затертых зернопродуктов, %; W_0 – средняя массовая доля влаги затертых зернопродуктов, %.

Пример. Влажность высушенной дробины – 4,95 %. Относительная плотность фильтрата – 1,0084, что соответствует (прил., табл. 1) 2,152 мас.% экстракта. Относительная плотность солодовой вытяжки 1,0162, что соответствует 4,128 мас.%, или $4,128 \cdot 1,0162 = 4,195$ об.%. Экстрактивность затираемых зернопродуктов – 74,6 %, а влажность – 5,15 %.

Тогда экстрактивность высушенной дробины к массе ее сухих веществ

$$E_1 = \frac{2,152 (1099,64 + 4,95) - 400 \cdot 4,128 \cdot 1,0162 + 36}{(100 - 4,95)(100 - 2,152)} 100 = 7,13 \text{ \%}.$$

Массовая доля общего экстракта в дробине к массе затираемых продуктов

$$E_2 = \frac{7,13 [100 - (74,6 + 5,15)]}{(100 - 7,13)} = 1,555 \%$$

5.3. Содержание вымываемого экстракта

Данный метод основан на отделении жидкой фазы дробины и определении в ней массовой доли сухих веществ.

200 г сырой дробины отжимают на ручном прессе. Полученную жидкость сливают в колбу, отстаивают, фильтруют через складчатый фильтр и пикнометром в фильтрате определяют относительную ее плотность. По табл. 1 приложения находят содержание экстракта в фильтрате. Эта величина показывает количество вымываемого экстракта из 100 г отжатой дробины. Для пересчета экстракта в 100 г влажной дробины необходимо учитывать степень ее влажности.

Массовую долю вымываемого экстракта в сырой пивной дробине (E_1 , %) вычисляют по формуле

$$E_1 = \frac{m_{c.в} W_1}{100 - m_{c.в}},$$

где $m_{c.в}$ – массовая доля сухих веществ в жидкой фазе пивной дробины, %; W_1 – массовая доля влаги в пивной дробине, %.

Массовую долю вымываемого экстракта дробины в пересчете на затираемые зернопродукты (E_3 , %) вычисляют по формуле

$$E_3 = \frac{m_{c.в} W_1 [100 - (E_0 + W_0)]}{[(100 - m_{c.в}) (100 - W_1)]},$$

или

$$E_3 = \frac{E_1 [100 - (E_0 + W_0)]}{(100 - W_1)},$$

где E_0 – экстрактивность затираемых зернопродуктов, %; W_0 – массовая доля влаги зернопродуктов, %; W_1 – массовая доля влаги в пивной дробине, %; $m_{c.в}$ – массовая доля сухих веществ в жидкой фазе сырой пивной дробины, %.

Пример. Экстрактивность перерабатываемых зернопродуктов E_0 составляет 74,6 %; влажность W_0 – 5,15 %; относительная плотность отжатым жидкости – 1,0032, что по табл. 1 приложения соответствует содержанию в ней экстрактивных веществ $m_{с.в} = 0,821$ %. Массовая доля влаги дробины $W_1 = 81,20$ %. Вычислим значения E_1 и E_3 :

$$E_1 = \frac{0,821 \cdot 81,20}{(100 - 0,821)} = 0,672 \text{ \%};$$

$$E_3 = \frac{0,821 \cdot 81,20 [100 - (74,6 + 5,15)]}{[(100 - 0,821)(100 - 81,2)]} = 0,724 \text{ \%}.$$

5.4. Содержание остаточного (невымываемого) экстракта

Содержание остаточного экстракта находят по разности между общим экстрактом дробины E_2 и содержанием вымываемого экстракта E_3 (процент к массе зернопродуктов):

$$E_5 = E_2 - E_3.$$

Пример. Общий экстракт дробины $E_2 = 1,738$ %; вымываемый экстракт в дробине $E_3 = 0,724$ %. Остаточного (невымываемого) экстракта в дробине содержится

$$E_5 = E_2 - E_3 = 1,738 - 0,724 = 1,014 \text{ \%}.$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Анализ качества готового пива

Пиво является слабоалкогольным пенным напитком. Его органолептические и физико-химические показатели должны соответствовать ГОСТ 3473–78.

По внешнему виду пиво представляет собой прозрачную жидкость без осадка и посторонних включений; оно должно иметь компактную пену и выделять пузырьки диоксида углерода. Кроме того, пиво должно иметь чистый вкус и аромат сброженного солодового напитка с хмелевой горечью и хмелевым ароматом без каких-либо посторонних привкусов и запахов. Каждый сорт пива имеет свои вкусовые особенности.

6.1. Органолептические показатели качества пива

Оценка пива при помощи органов чувств (зрения, обоняния и вкуса) называется органолептической. Прозрачность, цвет, вкус, хмелевую горечь, аромат и пенообразование определяют дегустацией по 25-балльной шкале. Пиво высшего качества по отдельным показателям оценивается следующими баллами: прозрачность – 3, цвет – 3, аромат – 4, вкус – 5, хмелевая горечь – 5, пенообразование – 5 (в сумме – 25 баллов).

Для органолептических испытаний применяют цилиндрические бокалы из бесцветного стекла вместимостью 150–200 см³ и диаметром 50–60 мм. Температура дегустируемого пива должна быть 8–12 °С. В первую очередь оценивают светлое пиво по возрастающей концентрации начального сусла, затем темное – в том же порядке.

Прозрачность. Пиво, налитое в бокал, должно быть прозрачным, производить приятное впечатление и удовлетворять эстетическим требованиям. При просматривании на свет через стекло светлое пиво должно искриться и давать блеск.

Прозрачность пива с блеском оценивают тремя баллами, прозрачность пива без блеска с мелкими единичными взвесями – двумя, пиво слабоопалесцирующее (еле заметная муть) – одним; пиво мутное снимается с дегустации как нестандартное.

Цвет. По цветности пиво разделяют на светлое, полутемное и темное с характерным для каждого сорта оттенком. Светлое пиво должно иметь цвет от светло-соломенного до золотисто-янтарного. К темным сортам пива предъявляют менее жесткие требования, однако в них должна быть определенная взаимосвязанность цвета и вкусовых свойств.

Цвет каждого сорта пива должен быть постоянным. Он зависит от химического состава солода, хмеля, воды, а также от технологии приготовления сусла и пива.

Если цвет соответствует типу пива и находится на минимально установленном для него уровне, то его оценивают тремя баллами, на среднем уровне – двумя, на максимально допустимом – одним. Пиво с цветом, не соответствующим данному типу, является неудовлетворительным (ноль баллов) и снимается с дегустации.

Аромат. Для светлых сортов пива характерен хмелевой, а для темных – солодовый аромат. Микроорганизмы в пиве могут вызвать появление постороннего запаха.

Отличный аромат, соответствующий данному типу пива (чистый, свежий, четко выраженный), оценивают четырьмя баллами, хороший – тремя, аромат с посторонними оттенками – двумя, с явно выраженными посторонними тонами – одним баллом.

Вкус. На вкус пива влияют многие факторы: состав воды и солода, качество хмеля, штамм дрожжей, режимы приготовления сусла, брожения и дображивания молодого пива.

Вкус, придаваемый пиву качественным хмелем и солодом, называют чистым. Важным свойством пива является полнота вкуса, обуславливаемая наличием сложного вкусового комплекса (декстрины, меланоидины, азотистые вещества, экстрагируемые вещества хмеля, этанол, высшие спирты и эфиры). Большое значение для вкуса пива имеет хорошее насыщение диоксидом углерода, что придает ему освежающий вкус. Диоксид углерода в пиве должен быть связан химически и тонко диспергирован, т. е. находиться в виде мельчайших пузырьков, что обеспечивает его медленное выделение.

В светлом пиве преобладает тонкая хмелевая горечь, сочетаемая с едва уловимым вкусом экстракта солода. Для полутемного пива характерен солодовый вкус с привкусом карамельного солода, для темного – полный солодовый вкус с выраженным привкусом карамельного или жженого солода, соответствующий типу пива. Темное пиво отличают также ярко выраженный солодовый вкус и незначительная сладость.

Вкусовые качества пива зависят от температуры (так как она влияет на вещества коллоидной дисперсности пива), поэтому температура потребляемого пива должна быть 8–12 °С. При такой температуре вкус проявляется более четко.

Вкус отличный, полный, чистый, гармоничный, соответствующий данному типу пива, получает 5 баллов; хороший, чистый, но не очень гармоничный – 4; не очень чистый и слабо выраженный – 3; пустой вкус с посторонними привкусами – 2 балла.

Хмелевая горечь. Характерная горечь зависит от качества и свежести хмеля. Хмель с базисными нормами качества придает пиву приятную мягкую горечь, а хмель с ограничительными нормами качества дает более грубую горечь. Хмелевая горечь в пиве хорошего качества должна ярко ощущаться только в момент его употребления, затем ощущение горечи быстро проходит.

Хмелевая горечь мягкая, слаженная, соответствующая типу пива, оценивается пятью баллами; не очень слаженная, грубоватая – четырьмя; грубая, остающаяся или слабая, не соответствующая типу пива – тремя; недостаточно хмелевая, грубая – двумя баллами.

Пенообразование. Признаком высокого качества пива является густая тонкодисперсная и стойкая пена. Пиво с плотной пеной обладает полнотой вкуса и долго сохраняет свежесть. По внешнему виду пена бывает компактная, мелкая, плотная, пузырьчатая, рыхлая, неустойчивая. Пена состоит из пузырьков диоксида углерода, покрытых пленкой поверхностно-активных веществ. К таким веществам относятся: пептоны, полипептиды, горькие вещества хмеля, некоторые гумми- и красящие вещества и др.

Хорошее пенообразование наблюдается при достаточном насыщении пива диоксидом углерода и при наличии ПАВ.

Продолжительность существования пены, т. е. ее стойкость, является важной характеристикой. Под пеностойкостью понимают время (в секундах или минутах), прошедшее с момента возникновения пены до ее разрушения.

При налипании пива в бокал должно происходить медленное выделение пузырьков CO_2 с образованием устойчивой компактной пены. В первый момент скорость образования пены значительно превышает скорость ее исчезновения, поэтому образуется шапка пены. Затем выделение CO_2 замедляется, распад пены начинает преобладать над ее образованием, и объем пены уменьшается. Скорость исчезновения пены зависит от ее стойкости.

Пенообразование характеризуется высотой слоя пены (в миллиметрах), образовавшегося при выливании пива с определенной высоты в специальный бокал, и стойкостью пены в минутах. Бутылочное пиво оценивают пятью баллами при минимальной высоте слоя пены 40 мм и ее стойкости в течение 4 мин; четырьмя баллами – соответственно 30 мм и 3 мин; тремя баллами – 20 мм и 2 мин; двумя баллами – менее 20 мм и менее 2 мин.

Бочковое пиво получает 5 баллов при минимальной высоте пены 35 мм и стойкости 3,5 мин; 4 балла – не менее 25 мм и соответственно 2,5 мин; 3 балла – менее 15 мм и 1,5 мин. Пиво, получающее за пенообразование менее трех баллов, снимается с дегустации как нестандартное.

Темное пиво также оценивается по показателям прозрачности, аромата, полноте и чистоте вкуса, но, в отличие от светлого, оно не снимается с дегустации по показателям прозрачности. При оценке вкуса, в отличие от светлого пива, определяется не хмелевая горечь, а солодовый вкус темного солода. Чистый солодовый вкус с легкой горечью оценивается пятью баллами; солодовый вкус с привкусом слегка жженого – четырьмя; слабый солодовый вкус с грубоватым привкусом жженого (подгорелого) солода – тремя; очень слабый солодовый вкус, нечистый, подгорелый, кисловатый – двумя баллами.

6.2. Пенообразование

Пенообразование определяют в отдельной пробе в цилиндрическом стакане высотой 105–110 мм с внутренним диаметром 70–75 мм. Стакан устанавливают на площадку лабораторного штатива, а над стаканом закрепляют кольцо на стойке штатива так, чтобы верхний край кольца находился на расстоянии 25 мм от верхнего края стакана. При наливке пива в стакан горлышко бутылки должно опираться на кольцо штатива так, чтобы пиво наполняло стакан спокойно и лилось в центр. Налив прекращают, когда поверхность пены сравняется с краем стакана. Линейкой определяют расстояние от резкой линии раздела «пена–пиво» до верхнего края стакана, устанавливая высоту пены в миллиметрах. В момент окончания налива включают секундомер. Разрушение слоя пены и образование на поверхности пива тонкой пленки считают концом опыта. Этот момент отмечают по секундомеру, стойкость пены выражают в минутах, округляя полученный результат до первого знака после запятой.

6.3. Физико-химические показатели пива

Физико-химические показатели пива должны соответствовать ГОСТ 3473–78. Все определения проводятся в освобожденном от диоксида углерода отфильтрованном пиве. Для этого пиво нагревают до 30 °С и энергично встряхивают в колбе, закрыв горло ладонью и открывая его для удаления CO₂.

6.3.1. Содержание диоксида углерода в пиве

Содержание диоксида углерода в пиве определяют манометрическим методом, который основан на измерении давления в бутылке, закупоренной кронен-пробкой, и в состоянии равновесия газа с жидкостью при температуре 25 °С.

Приборы и материалы: прибор для определения давления в бутылках; водяная баня; цилиндр на 50 см³; термометр.

Ход определения. Бутылку с пивом помещают в водяную баню (температура 25 °С), выдерживают не менее 1 ч, вытирают и на уровне поверхности пива по нижнему краю мениска восковым карандашом наносят метку. После этого бутылку ставят на нижнюю подвижную площадку прибора. Поворотом винта бутылку зажимают в аппарате так, чтобы игла пробила кронен-пробку, соединяя верхнюю часть бутылки с камерой манометра. Игла проходит через резиновую прокладку.

Прибор с зажатой в нем бутылкой сильно встряхивают до полного прекращения движения стрелки манометра. Отмечают показания манометра, затем отвинчивают винт, вынимают бутылку и прибор промывают водой. Пиво из бутылки выливают и заполняют ее водой до нанесенной метки. Из мерного цилиндра доливают воду до полного заполнения бутылки и определяют объем газового пространства над поверхностью пива (в кубических сантиметрах). Содержание диоксида углерода (в процентах) в пиве X_{CO_2} рассчитывают по формуле

$$X_{CO_2} = (P + 1) (0,122 + k),$$

где P – показатель манометра после встряхивания бутылки с пивом, кгс/см²; k – коэффициент, зависящий от объема газового пространства (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Зависимость коэффициента k от объема газового пространства

Объем газового пространства, см ³	Значение k для бутылок вместимостью 0,5 л	Значение k для бутылок вместимостью 0,33 л
8 – 12	0,003	0,006
13 – 17	0,005	0,009
18 – 22	0,007	0,011
23 – 27	0,009	0,013
28 – 32	0,011	0,016
33 – 37	0,013	0,019
38 – 42	0,014	0,022
43 – 47	0,016	0,024
48 – 52	0,018	0,028

6.3.2. Содержание видимого экстракта

Видимый (кажущийся) экстракт в пиве определяют по показаниям сахаромера, погружая его в цилиндр, наполненный подготовленным для анализа пивом, при наличии в нем спирта и диоксида углерода, а действительный – пикнометрическим способом после удаления спирта и диоксида углерода. Величина видимого экстракта пива всегда меньше действительного, так как сахаромер глубже погружается в жидкость, содержащую спирт, и поэтому показывает плотность, которая меньше действительной.

Приборы и материалы: конические колбы; воронки; фильтровальная бумага; термометр; пикнометры; аналитические весы.

Ход определения. Пиво, предназначенное для анализа, освобождают от диоксида углерода встряхиванием в колбе при комнатной температуре, многократно переливая его из колбы в колбу и фильтруя через бумажный фильтр. Затем в образце пива при температуре 20 °С пикнометрически определяют относительную плотность и, пользуясь табл. 1 приложения, находят соответствующую величину видимого экстракта.

6.3.3. Содержание спирта и действительного экстракта

Анализ проводят дистилляционным или рефрактометрическим методом (ГОСТ 12787–81).

Дистилляционный метод основан на отгонке спирта из пива и определении относительной плотности дистиллята и остатка пива после отгонки, доведенных дистиллированной водой до начальной массы.

Приборы и материалы: перегонная установка; пикнометр; весы.

Ход определения. Содержание алкоголя в пиве определяют перегонкой (дистилляцией). Перегонная установка (рис. 1) собрана из перегонной колбы 1 вместимостью от 300 до 500 см³, холодильника 2, каплеуловителя 3, приемника для дистиллята – колбы 4 объемом 250 см³ и подставки под колбу 5.

Перед анализом колбу 4 взвешивают с точностью до 0,1 г и соединяют с холодильником 2. В перегонную колбу наливают 100 г освобожденного от СО₂ пива и 50 см³ воды, а в приемник – от 5 до 10 см³ воды.

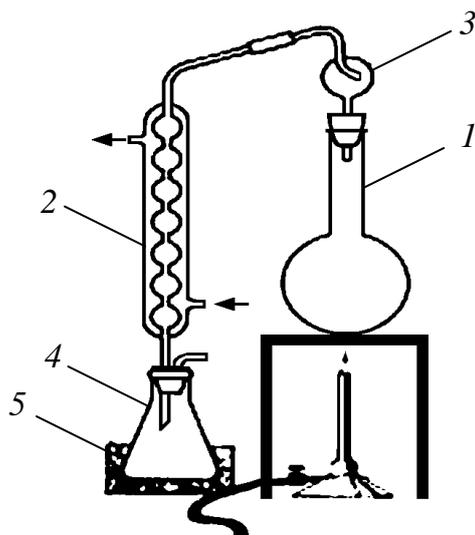


Рис. 1. Перегонная установка

Пиво медленно нагревают до кипения, и спирт, испаряясь, проходит через холодильник, охлаждается, конденсируется и стекает в охлаждаемый приемник. Как только в приемнике накопится от 90 до 95 см³ жидкости, перегонку прекращают, приемную колбу с содержимым охлаждают и отделяют от холодильника, ополаскивают наконечник и доливают дистиллированную воду до массы 100 г. Затем содержимое колбы перемешивают, определяют в нем пикнометром относительную плотность при температуре 20 °С и по табл. 2 приложения находят соответствующее ей содержание спирта.

Относительную плотность дистиллята d_1 рассчитывают по формуле

$$d_1 = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)},$$

где m_1 – масса пустого пикнометра, г; m_2 – масса пикнометра с водой, г; m_3 – масса пикнометра с дистиллятом, г.

Если масса дистиллята отличается от массы пробы пива, то результат, определенный по табл. 3 приложения, умножают на поправочный коэффициент $K = m_d/m_{п}$, где m_d – масса дистиллята, г; $m_{п}$ – масса пива, г.

Объемную долю спирта V_c (в процентах) рассчитывают по формуле

$$V_c = \frac{m_c d}{0,79067},$$

где m_c – массовая доля спирта, %; d – относительная плотность пива при температуре 20 °С/20 °С; 0,79067 – относительная плотность безводного спирта при 20 °С.

Для определения действительного экстракта перегонную колбу с остатком после отгонки спирта охлаждают и при взвешивании массу содержимого доводят дистиллированной водой до 100 г. После перемешивания определяют пикнометром относительную плотность этой жидкости и по табл. 2 приложения находят соответствующее содержание экстрактивных веществ. Относительную плотность разбавленного остатка рассчитывают по формуле

$$d_2 = \frac{(m_4 - m_1)}{(m_2 - m_1)},$$

где m_4 – масса пикнометра с разбавленным остатком после отгонки, г; m_1 – масса пустого пикнометра, г; m_2 – масса пикнометра с водой, г.

Перед эксплуатацией новая установка проверяется, для чего на ней трижды перегоняется 100 г водно-спиртового раствора с объемной долей спирта 5 %, каждый раз возвращая дистиллят в промытую перегонную колбу и промывая приемник 50 см³ воды. После последней перегонки определяют массовую долю спирта в исходном растворе и дистилляте. Потери при одной перегонке не должны превышать 0,02 %.

6.3.4. Определение массовой доли сухих веществ в начальном сусле

При известном содержании в пиве массовой доли действительного экстракта и спирта можно определить массовую долю сухих веществ начального сусла (c , %) по формуле Боллинга

$$c = \frac{(2,0665 a + e) 100}{100 + 1,0665 a},$$

где 2,0665 – количество экстракта, расходуемого на получение 1 г спирта, г; a – массовая доля спирта в пиве, %; e – массовая доля действительного экстракта в пиве, %; 1,0665 – количество веществ, удаляющихся при брожении, с получением 1 г спирта, г.

По этой формуле можно точно определить массовую долю сухих веществ начального сусла для пива, изготовленного из сусла экстрактивностью от 11 до 13 %. При более высокой экстрактивности сусла эта формула дает несколько завышенные результаты, например для высокоплотного пива получается завышение экстрактивности начального сусла на 0,2 %.

6.3.5. Определение степени сбраживания

Во время брожения значительная часть экстрактивных веществ сусла превращается в продукты брожения. Степень этого превращения называют степенью сбраживания. Она показывает выраженное в процентах отношение количества сброженного экстракта к первоначальному экстракту сусла. Различают видимую и действительную степени сбраживания в зависимости от того, по какому показателю экстракта – видимому или действительному – рассчитывают степень сбраживания.

Видимый (кажущийся) экстракт определяют сахаромером в сбраживаемом сусле или пиве (при наличии в нем спирта и диоксида углерода), а действительный находят пикнометрическим способом после удаления в пиве спирта и углекислоты.

Величина видимого экстракта сбраживаемого сусла и пива всегда меньше действительного, так как сахаромер погружается в спирто-содержащую жидкость глубже и в результате показывает величину меньше, чем действительная. В соответствии с этим разница экстрактов сусла и пива получается большей, поэтому видимая степень сбраживания также получается больше действительной. Это приблизительно $V_d = 0,81 V_{\text{вид}}$, где 0,81 – опытная величина.

Видимая степень сбраживания в бродильном отделении для светлых сортов пива составляет от 58 до 65 %, для темных – от 50 до 55 %. Видимая степень сбраживания готового пива в отделении дображивания должна быть на 10–15 % выше, чем в бродильном отделении, и на 2–4 % ниже конечной степени сбраживания.

Чтобы пользоваться величиной степени сбраживания для регулирования процесса брожения по стадиям, необходимо знать, какая часть экстрактивных веществ сусла является сбраживаемой. Для этого определяют так называемую конечную, т. е. максимально возможную степень сбраживания, которая в производстве не достигается, а определяется в лаборатории. Она должна быть известна за четыре–шесть

дней до конца главного брожения. Видимую и действительную степени сбраживания вычисляют по уравнениям

$$X_{\text{в}} = \frac{(m_1 - m_{2\text{вид}})100}{m_1},$$

где $X_{\text{в}}$ – видимая степень сбраживания, %; m_1 – массовая доля сухих веществ в исходном сусле, %; $m_{2\text{вид}}$ – массовая доля видимого экстракта в пиве, %

$$X_{\text{д}} = \frac{(m_1 - m_{2\text{д}})100}{m_1},$$

здесь $X_{\text{д}}$ – действительная степень сбраживания, %; m_1 – массовая доля сухих веществ в начальном сусле, %; $m_{2\text{д}}$ – массовая доля действительного экстракта в пиве, %.

Пример. Массовая доля сухих веществ начального сусла – 11,1 %, массовая доля действительного экстракта пива 4,95 %; видимый экстракт пива – 4,05 %. Тогда

$$X_{\text{в}} = \frac{(11,1 - 4,05)100}{11,1} = 63,5 \%;$$

$$X_{\text{д}} = \frac{(11,1 - 4,95)100}{11,1} = 55,4 \% .$$

Видимая степень сбраживания для светлых сортов пива составляет от 61 до 69 %, а действительная – от 49 до 56 %; для темных сортов пива она несколько ниже.

6.3.6. Определение конечной степени сбраживания

Метод заключается в сбраживании остаточного экстракта пива дрожжами при определенных условиях и последующем расчете конечной степени сбраживания по изменению плотности пива.

Приборы и материалы: толстостенная колба вместимостью 250 см³ с ватной пробкой; мерный цилиндр вместимостью 500 см³; фарфоровая ступка с пестиком; воронка; пикнометр; весы с ценой деления 0,1 мг; сахаромер; воронка Бюхнера.

Ход определения. Для анализа используют свежие производственные дрожжи, которые должны быть отпрессованы. Для этого

жидкие дрожжи наливают в мешок из плотной ткани и сжимают в ручном прессе до такого состояния, чтобы полученную плотную массу можно было разломать на куски. Вместо прессования можно использовать отсасывание дрожжей на воронке Бюхнера через кружок фильтровальной бумаги до появления излома в спрессованной массе. Затем дрожжи на воронке Бюхнера промывают небольшим количеством исследуемого пива с отсасыванием жидкости.

Пробу пива подготавливают так же, как и при определении экстрактивности и содержания спирта в пиве.

100 см³ подготовленного пива вносят в колбу вместимостью 250 см³. Подготовленные дрожжи (10 г) размельчают, вносят в колбу с пивом и энергично взбалтывают до получения равномерной суспензии. Колбу выдерживают при периодическом взбалтывании в течение суток при комнатной температуре. Сброженное пиво сливают с осадка дрожжей, энергично встряхивают для освобождения от диоксида углерода и фильтруют через складчатый фильтр. В фильтрате пикнометром определяют относительную плотность.

Конечную степень сбраживания рассчитывают по формуле

$$X = \frac{(m_1 - m_2)100}{m_1},$$

где X – конечная степень сбраживания, %; m_1 – массовая доля сухих веществ в начальном сусле, %; m_2 – действительный экстракт пива, %.

Пример. При сбраживании начального сусла концентрацией 12,1 % показания сахаромера следующие: в молодом пиве – 4,1 %; в пиве в отделении дображивания перед розливом – 2,5 %; при определении конечной степени сбраживания – 2,3 %. Расчетным путем находим, что степень сбраживания молодого пива составляет 66,1 %; дображиваемого пива – 79,3 %.

Разница между приведенными значениями свидетельствует о том, что в молодом пиве содержится достаточное количество сбраживаемых веществ, необходимых в стадии дображивания. Конечная степень сбраживания в данном случае равна 81,0 % и превышает степень сбраживания дображиваемого пива на 1,7 % (81,0–79,3), что обеспечивает получение более стойкого пива.

В темных сортах пива разница между конечной степенью сбраживания и степенью сбраживания готового пива (перед розливом) выше, чем у светлых сортов пива.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Исследование физико-химических свойств винограда

7.1 Сахаристость виноградного сока

Содержание сахаров в сусле определяют денсиметрическим или рефрактометрическим методами.

Денсиметрический метод

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

Приборы и материалы: 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.

Ход определения. 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 0,0002·3 = 0,0006, а окончательная плотность 1,085 – 0,0006 = 1,0844, что соответствует 19,6 г на 100 см³ сусла (табл. 7.1).

Таблица 7.1

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

Продолжение табл. 7.1

Показания ареометра	Содержание сахаров, г на 100 см ³	Показания ареометра	Содержание сахаров, г на 100 см ³
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

Показания ареометра	Содержание сахаров, г на 100 см ³	Показания ареометра	Содержание сахаров, г на 100 см ³
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.

Приборы и материалы: 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.

Ход определения. 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 табл. 7.2.

Таблица 7.2

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

Окончание табл. 7.2

Сухие вещества, % мас	Концентрация сахаров, г на 100 см ³	Сухие вещества, % мас	Концентрация сахаров, г на 100 см ³
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 Эйна)*

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.

Приборы и материалы: колбы мерные емкостью 25 и 50 см³; бюретки емкостью 25 и 50 см³; пипетки на 10 см³; стеклянные бюксы с крышками; химический стакан емкостью 100 см³; конические колбы объемом 100 – 150 см³; эксикатор; нагревательный прибор.

Реактивы: жидкость Фелинга, составляемая из двух растворов:

№ 1 (69,28 г свежеперекристаллизованной сернистой меди растворяют в 1000 см³ дистиллированной воды);

№ 2 (346 г сегнетовой соли растворяют в 400–500 см³ воды и прибавляют 103 г едкого натрия, растворенного в 200–300 см³ воды,

после перемешивания и охлаждения доводят водой до метки в мерной колбе емкостью 1000 см³);

1 %-й раствор метиленового голубого (1 г метиленового голубого растворяют в 100 см³ дистиллированной воды и фильтруют);

20 %-й раствор соляной кислоты;

20 %-й раствор едкого натрия;

1 %-й раствор фенолфталеина.

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

$$\Gamma = (Y \cdot g \cdot 1,0526) / 100,$$

где Y – 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 течение 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:

$$X = (\Gamma \cdot 100 \cdot A) / Y,$$

где Γ – титр смеси растворов Фелинга № 1 и № 2; A – фактор разведения испытуемого раствора; Y – количество исследуемого раствора, пошедшее на титрование, мл.

7.2. 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.

Приборы и материалы: коническая колба объемом 250–300 см³; бюретка вместимостью 25 см³; пипетка объемом 10 см³; стеклянная палочка; нагревательный прибор; 0,1 и 1 н. растворы гидроксида натрия или калия; 0,4 %-й раствор бромтимолового синего (0,4 г индикатора растворяют в 10 см³ спирта-ректификата и доводят свежеекипяченной, нейтрализованной до рН 7 дистиллированной водой до объема 100 см³. Интервал перехода рН от 6 до 7,6. Окраска в щелочной среде синяя, в кислой–желтая); буферный раствор с рН 7 (107,3 г однозамещенного фосфорнокислого калия растворяют в 500 см³ 1 н. раствора гидроксида натрия и доводят водой до объема 1 дм³).

Ход определения. 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.

Расчет. 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):

$$T_{\text{в.к}} = 0,75a \text{ г/дм}^3;$$

для яблочной кислоты (я.к)

$$T_{\text{я.к}} = 0,67a \text{ г/дм}^3;$$

для сульфатной кислоты (с.к)

$$T_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,49a \text{ г/дм}^3.$$

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

Приборы и реактивы: коническая колба объемом 250–300 см³; бюретка вместимостью 25 см³; пипетка объемом 10 см³; стеклянная палочка; нагревательный прибор; 0,1 и 1 н. растворы гидроксида натрия или калия.

Ход определения. 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 плодово-

ягодного 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.

7.3. Водородный показатель (рН)

Реакцию сусла, 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 сусла: при рН 3,3 достаточно 50–75 мг/л, при рН 3,5–3,8 – до 100 мг/л. Сусла с рН $> 3,8$ 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.

Оборудование и материалы: рН-метр – милливольтметр рН-121 (или аналогичный прибор).

Подготовка к работе. После включения прибора в сеть нажимают на кнопку «0, t» и кнопку любого диапазона измерений, затем прогревают прибор в течение 30 мин.

Ход определения. 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 дробный 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.

7.4. 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.).

Оборудование и материалы: весы технические или товарные; стеклянные стаканы объемом 1000 см³; валковая дробилка или центробежная соковыжимальная машина; ткань капроновая.

Ход определения. 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.

7.5. 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.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

Исследование физико-химических свойств плодово-ягодного сырья

В виноделии используют очень широкий спектр плодово-ягодного сырья а именно:

семечковые плоды – яблоки, груши, рябина и т. д.;

косточковые плоды – вишня, слива, абрикос и т. д.;

ягоды – крыжовник, малина, смородина и т. д.

Измерение показателей качества плодово-ягодного сырья происходит аналогично определению качества винограда, за исключением коэффициента пересчета K , равного 0,0067.

Для оценки качества плодово-ягодного сырья необходимо выполнить следующие разделы: 7.1; 7.2; 7.3; 7.4; 7.5.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

Исследование физико-химических свойств предварительно подготовленного промышленного сырья

Под предварительно подготовленным сырьем в виноделии понимают следующие категории:

- концентраты сусла (виноградного и плодово-ягодного);
- порошки и грануляты сусла;
- сушеные фрукты и ягоды;
- замороженные фрукты и ягоды.

Определение физико-химических показателей вышеуказанного сырья проводится в соответствии с измерением показателей свежих плодов и ягод: (7.1; 7.2; 7.3; 7.4; 7.5), за исключением особенностей подготовки образцов.

Концентраты сусла

Это частично обезвоженные ингредиенты. Для их исследования необходимо произвести разбавление образцов до концентрации, удобной для изучения.

Приборы и материалы: весы технические; колбы стеклянные вместимостью 100, 250 и 500 см³; стеклянные палочки; 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.

Ход определения. Производят разведение концентрата в соотношении от 1:5 до 1:10.

Например, если требуется разбавить концентрат в 10 раз, то 10 г концентрата вносят в колбу, добавляют 90 г дистиллированной воды и тщательно перемешивают.

Производят определение содержания сахаров. Результат рассчитывают по формуле

$$C_{\text{конц}} = C_{\text{изм}} \cdot K,$$

где $C_{\text{конц}}$ – концентрация сахаров концентрате, %; $C_{\text{изм}}$ – измеренная концентрация сахаров, %; K – кратность разведения (в случае примера – 10).

В виноделии концентрат используется в виде раствора с массовой долей сухих веществ от 12 до 25 %, поэтому его разбавление производят в соответствии с формулой

$$M_{\text{конц}} = C_{\text{сусла}} \cdot m_{\text{сусла}} / C_{\text{конц}},$$

где $M_{\text{конц}}$ – масса используемого для разведения концентрата, г; $C_{\text{сусла}}$ – желаемая концентрация сусла, %; $m_{\text{сусла}}$ – масса готового сусла, г; $C_{\text{конц}}$ – концентрация сахаров в концентрате, %.

Количество воды, необходимое для смешения, определяют по формуле

$$m_{\text{воды}} = m_{\text{сусла}} - M_{\text{конц}},$$

где $m_{\text{воды}}$ – масса необходимой воды, г; $m_{\text{сусла}}$ – масса готового сусла, г; $M_{\text{конц}}$ – масса используемого для разведения концентрата, г.

Если для исследований применять измерения исходя не из массы ингредиентов, а из объемов (невязкие концентраты), то показатели массы умножаются на величину относительной плотности d при температуре 20 °С или с поправкой на температуру.

В разведенном и тщательно перемешанном концентрате измеряют показатели по п. 7.2; 7.3; 7.4; 7.5.

Порошки и грануляты сусла

Сырье представляет собой сухие сыпучие смеси со средним диаметром частиц от 0,1 до 3 мм. Эти ингредиенты растворяются в воде в соответствии с инструкцией фирмы-изготовителя, подвергаются определенным физико-химическим воздействиям (нагревание, фильтрование и т.п.) и исследуются в соответствии с п. 7.1; 7.2; 7.3; 7.4; 7.5.

Пример. В мерную колбу вносится 100 г порошкообразного сусла «Изабелла» и 300 г воды с температурой 40 °С. Смесь выдерживается в водяной бане в течение 90 мин при периодическом помешивании. После выдержки сусло фильтруется через двойной бумажный фильтр.

Сушеные фрукты и ягоды

Принцип получения сусла из такого сырья похож на получение сусла из гранулятов и концентратов. Время контакта воды и сухофруктов может быть очень длительным (от нескольких часов до нескольких дней (по инструкции производителя)). Полученное сусло исследуется в соответствии с разделами 7.1; 7.2; 7.3; 7.4; 7.5.

Замороженные фрукты и ягоды

Перед измельчением и прессованием сырье подвергают размораживанию (за 24 ч до начала процесса), после чего реализуются все процессы, аналогичные переработке свежего сырья.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

**Соотношение между относительной плотностью
жидкости и массовой долей экстрактивных веществ**

$d \frac{20^\circ\text{C}}{20^\circ\text{C}}$	$e, \%$	$d \frac{20^\circ\text{C}}{20^\circ\text{C}}$	$e, \%$	$d \frac{20^\circ\text{C}}{20^\circ\text{C}}$	$e, \%$
1,01550	3,951	1,02750	6,943	1,04300	10,716
1,01560	3,977	1,02800	7,066	1,04350	10,836
1,01570	4,002	1,02850	7,189	1,04400	10,956
1,01580	4,027	1,02900	7,312	1,04405	10,968
1,01590	4,052	1,02950	7,435	1,04410	10,980
1,01600	4,077	1,03000	7,558	1,04415	10,992
1,01610	4,102	1,03050	7,681	1,04420	11,004
1,01620	4,128	1,03100	7,803	1,04426	11,016
1,01630	4,153	1,03150	7,926	1,04430	11,027
1,01650	4,203	1,03200	8,048	1,04435	11,039
1,01700	4,329	1,03250	8,171	1,04440	11,051
1,01750	4,454	1,03300	8,293	1,04445	11,063
1,01800	4,580	1,03350	8,415	1,04450	11,075
1,01850	4,705	1,03400	8,537	1,04500	11,195
1,01900	4,830	1,03450	8,659	1,04550	11,315
1,01950	4,955	1,03500	8,781	1,04600	11,435
1,02000	5,080	1,03550	8,902	1,04650	11,554
1,02050	5,205	1,03600	9,024	1,04700	11,673
1,02100	5,330	1,03650	9,145	1,04750	11,792
1,02150	5,455	1,03700	9,267	1,04800	11,912
1,02200	5,580	1,03750	9,388	1,04850	12,031
1,02250	5,704	1,03800	9,509	1,04900	12,150
1,02300	5,828	1,03850	9,631	1,04950	12,263
1,02350	5,952	1,03900	9,751	1,05000	12,387
1,02400	6,077	1,03950	9,873	1,05100	12,624
1,02450	6,200	1,04000	9,993	1,05200	12,861
1,02500	6,325	1,04050	10,114	1,05300	13,098
1,02550	6,449	1,04100	10,234	1,05400	13,333
1,02600	6,572	1,04150	10,355	1,05500	13,569
1,02650	6,696	1,04200	10,475	1,05600	13,804
1,02700	6,819	1,04250	10,596	1,05700	14,039

Таблица 2

**Соотношение между относительной плотностью жидкости
и содержанием спирта**

Относительная плотность	Спирт, мас. % (г/100 г)	Относительная плотность	Спирт, мас. % (г/100 г)	Относительная плотность	Спирт, мас. % (г/100 г)
1,0000	0,000	0,9960	2,170	0,9920	4,520
0,9999	0,055	0,9959	2,225	0,9919	4,580
0,9998	0,110	0,9958	2,280	0,9918	4,640
0,9997	0,165	0,9957	2,335	0,9917	4,700
0,9996	0,220	0,9956	2,390	0,9916	4,760
0,9995	0,270	0,9955	2,450	0,9915	4,825
0,9994	0,325	0,9954	2,505	0,9914	4,885
0,9993	0,380	0,9953	2,560	0,9913	4,945
0,9992	0,435	0,9952	2,620	0,9912	5,005
0,9991	0,485	0,9951	2,675	0,9911	5,070
0,9990	0,540	0,9950	2,730	0,9910	5,130
0,9989	0,590	0,9949	2,790	0,9909	5,190
0,9988	0,545	0,9948	2,850	0,9908	5,255
0,9987	0,700	0,9947	2,910	0,9907	5,315
0,9986	0,750	0,9946	2,970	0,9906	5,375
0,9985	0,805	0,9945	3,030	0,9905	5,445
0,9984	0,855	0,9944	3,090	0,9904	5,510
0,9983	0,910	0,9943	3,150	0,9903	5,570
0,9982	0,960	0,9942	3,205	0,9902	5,635
0,9981	1,015	0,9941	3,265	0,9901	5,700
0,9980	1,070	0,9940	3,320	0,9900	5,760
0,9979	1,125	0,9939	3,375	0,9899	5,820
0,9978	1,180	0,9938	3,435	0,9898	5,890
0,9977	1,235	0,9937	3,490	0,9897	5,950
0,9976	1,285	0,9936	3,550	0,9896	6,015
0,9975	1,345	0,9935	3,610	0,9895	6,080
0,9974	1,400	0,9934	3,670	0,9894	6,150
0,9973	1,455	0,9933	3,730	0,9893	6,205
0,9972	1,510	0,9932	3,785	0,9892	6,270
0,9971	1,565	0,9931	3,845	0,9891	6,330
0,9970	1,620	0,9930	3,905	0,9890	6,395
0,9969	1,675	0,9929	3,965	0,9889	6,455
0,9968	1,730	0,9928	4,030	0,9888	6,520
0,9967	1,785	0,9927	4,090	0,9887	6,580
0,9966	1,840	0,9926	4,150	0,9886	6,545
0,9965	1,890	0,9925	4,215	0,9885	6,710
0,9964	1,950	0,9924	4,275	0,9884	6,780
0,9963	2,005	0,9923	4,335	0,9883	6,840
0,9962	2,060	0,9922	4,400	0,9882	6,910
0,9961	2,120	0,9921	4,460	0,9881	6,980
				0,9880	7,050

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1	3
Анализ питьевой воды.....	3
1.1. Определение временной жесткости воды.....	3
1.2. Определение общей жесткости воды трилонометрическим методом.....	4
Лабораторная работа № 2	5
Лабораторная выпечка хлеба.....	5
2.1. Расчет рецептуры и количества воды.....	7
2.2. Подготовка сырья	8
2.3. Замес и анализ теста	9
2.4. Брожение теста.....	10
2.5. Разделка теста	11
2.6. Выпечка хлеба.....	11
2.7. Охлаждение и анализ готового хлеба.....	12
Лабораторная работа № 3	16
Приготовление пивного сусла	16
3.1. Затирание	16
3.2. Фильтрование затора.....	17
3.3. Кипячение сусла с хмелем.....	17
3.4. Определение качества помола солода.....	18
3.5. Затирание солода для получения сусла с массовой долей сухих веществ 11 %	19
3.6. Кипячение сусла с хмелем	21
Лабораторная работа № 4	21
Анализ готового пивного сусла.....	21
4.1. Отбор проб и определение концентрации сухих веществ ...	21
4.2. Определение полноты осахаривания.....	24
4.3. Определение цвета сусла	24
4.4. Определение цвета методом колориметрического титрования	25
4.5. Спектрофотометрический метод определения цвета	25
4.6. Определение кислотности	26
4.7. Определение содержания изогумулона.....	27
Лабораторная работа № 5	29
Анализ пивной дробины.....	29
5.1. Отбор средней пробы	29

5.2. Определение содержания общего экстракта и массовой доли влаги.....	30
5.3. Содержание вымываемого экстракта	32
5.4. Содержание остаточного (невымываемого) экстракта.....	33
Лабораторная работа № 6	33
Анализ качества готового пива	33
6.1. Органолептические показатели качества пива.....	34
6.2. Пенообразование	37
6.3. Физико-химические показатели пива.....	37
Лабораторная работа № 7	45
Исследование физико-химических свойств винограда	45
7.1 Сахаристость виноградного сока	45
7.2. Титруемая кислотность виноградного сока.....	52
7.3. Водородный показатель (рН)	54
7.4. Определение выхода сока	55
7.5. Органолептическая оценка	56
Лабораторная работа № 8	56
Исследование физико-химических свойств плодово-ягодного сырья.....	56
Лабораторная работа № 9	57
Исследование физико-химических свойств предварительно подготовленного промышленного сырья	57
ПРИЛОЖЕНИЕ	59



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



Институт холода и биотехнологий является преемником Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий (СПбГУНиПТ), который в ходе реорганизации (приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 2209 от 17 августа 2011 г.) в январе 2012 года был присоединен к Санкт-Петербургскому национальному исследовательскому университету информационных технологий, механики и оптики.

Созданный 31 мая 1931 года институт стал крупнейшим образовательным и научным центром, одним из ведущих вузов страны в области холодильной, криогенной техники, технологий и в экономике пищевых производств.

В институте обучается более 6500 студентов и аспирантов. Коллектив преподавателей и сотрудников составляет около 900 человек, из них 82 доктора наук, профессора; реализуется более 40 образовательных программ.

Действуют 6 факультетов:

- холодильной техники;
- пищевой инженерии и автоматизации;
- пищевых технологий;
- криогенной техники и кондиционирования;

- экономики и экологического менеджмента;
- заочного обучения.

За годы существования вуза сформировались известные во всем мире научные и педагогические школы. В настоящее время фундаментальные и прикладные исследования проводятся по 20 основным научным направлениям: научные основы холодильных машин и термотрансформаторов; повышение эффективности холодильных установок; газодинамика и компрессоростроение; совершенствование процессов, машин и аппаратов криогенной техники; теплофизика; теплофизическое приборостроение; машины, аппараты и системы кондиционирования; хладостойкие стали; проблемы прочности при низких температурах; твердотельные преобразователи энергии; холодильная обработка и хранение пищевых продуктов; тепломассоперенос в пищевой промышленности; технология молока и молочных продуктов; физико-химические, биохимические и микробиологические основы переработки пищевого сырья; пищевая технология продуктов из растительного сырья; физико-химическая механика и тепло-и массообмен; методы управления технологическими процессами; техника пищевых производств и торговли; промышленная экология; от экологической теории к практике инновационного управления предприятием.

В институте создан информационно-технологический комплекс, включающий в себя технопарк, инжиниринговый центр, проектно-конструкторское бюро, центр компетенции «Холодильщик», научно-образовательную лабораторию инновационных технологий. На предприятиях холодильной, пищевых отраслей реализовано около тысячи крупных проектов, разработанных учеными и преподавателями института.

Ежегодно проводятся международные научные конференции, семинары, конференции научно-технического творчества молодежи.

Издаются журнал «Вестник Международной академии холода» и электронные научные журналы «Холодильная техника и кондиционирование», «Процессы и аппараты пищевых производств», «Экономика и экологический менеджмент».

В вузе ведется подготовка кадров высшей квалификации в аспирантуре и докторантуре по 11 специальностям.

Действуют два диссертационных совета, которые принимают к защите докторские и кандидатские диссертации.

Вуз является активным участником мирового рынка образовательных и научных услуг.

www.ihbt.edu.ru
www.gunipt.edu.ru

Баланов Петр Евгеньевич

ТЕХНОЛОГИЯ БРОДИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Учебно-методическое пособие

Ответственный редактор

Т.Г. Смирнова

Редактор

Р.А. Сафарова

Компьютерная верстка

Д.Е. Мышковский

Дизайн обложки

Н.А. Потехина

Подписано в печать 22.03.2013. Формат 60×84 1/16

Усл. печ. л. 3,95. Печ. л. 4,25. Уч.-изд. л. 4,0

Тираж 50 экз. Заказ № С 28

НИУ ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49
ИИК ИХиБТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Санкт-Петербургский национальный исследова-
тельный университет
информационных технологий,
механики и оптики
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49
Институт холода и биотехнологий
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

