

**П. М. СМОЛИХИНА, В. В. АПАРШЕВА,
О. В. ЗЮЗИНА, Е. В. ХАБАРОВА, О. С. ХАРЛАМОВА**

ПИЦЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ



Тамбов
◆ Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ» ◆
2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»**

**П. М. СМОЛИХИНА, В. В. АПАРШЕВА, Е. В. ХАБАРОВА,
О. В. ЗЮЗИНА, О. С. ХАРЛАМОВА**

ПИЩЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

Утверждено Ученым советом университета
в качестве лабораторного практикума
для бакалавров направлений подготовки 19.03.01 «Биотехнология»
и 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья»

Учебное электронное издание



Тамбов

◆ Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ» ◆
2025

УДК 664.6
ББК 36.83
ПЗ6

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой
«Технологические процессы, аппараты
и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «ТГТУ»
Н. Ц. Гапанова

Кандидат технических наук,
генеральный директор ОАО «Орбита»
Н. М. Страшинов

ПЗ6 **Пищевая биотехнология** [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / П. М. Смолихина, В. В. Апаршева, О. В. Зюзина, Е. В. Хабарова, О. С. Харламова. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2025. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium IV ; RAM 512 Mb ; необходимое место на HDD 2,5 Mb ; Windows 7/8/10/11 ; дисковод CD-ROM ; мышь. – Загл. с экрана.
ISBN 978-5-8265-2930-0

Содержит теоретические материалы, методики проведения экспериментов и контрольные вопросы по ключевым направлениям пищевой биотехнологии: биотехнологию бродильных производств, биотехнологию хлебопекарных производств и биотехнологические основы переработки животного сырья в продукты питания.

Предназначен для бакалавров направлений подготовки 19.03.01 «Биотехнология» и 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья».

УДК 664.6
ББК 36.83

*Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Незаконное копирование и использование данного продукта запрещено.*

ISBN 978-5-8265-2930-0

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2025

ВВЕДЕНИЕ

Современная пищевая биотехнология представляет собой динамично развивающуюся междисциплинарную науку, объединяющую передовые достижения нутрициологии, микробиологии, молекулярной биологии, генной инженерии и пищевой химии. Ее ключевая задача – разработка инновационных методов производства продуктов питания и биологически активных добавок, а также совершенствование технологий анализа качества сырья и готовой продукции.

Лабораторный практикум по пищевой биотехнологии разработан в соответствии с ФГОС ВО для направлений подготовки 19.03.01 «Биотехнология» и 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья». Он направлен на формирование у студентов практических навыков работы с современным лабораторным оборудованием, контроля качества биотехнологических процессов пищевой и перерабатывающей промышленности, а также анализа экспериментальных данных для принятия обоснованных технологических решений.

Содержание лабораторного практикума структурировано по трем ключевым направлениям: «Биотехнология бродильных производств», «Биотехнология хлебопекарных производств» и «Биотехнологические основы переработки животного сырья в продукты питания». Практикум не только дополняет теоретические дисциплины – «Пищевая биотехнология» и «Биотехнологические основы пищевых технологий», но и обеспечивает студентам возможность на практике изучить изменения состава и свойств сырья в процессе переработки, смоделировать биотехнологические процессы и оценить качество готовой продукции.

Формат выполнения лабораторных работ предполагает оформление протокола, который включает:

1. Название и цель исследования.
1. Теоретическое обоснование.
2. Методику экспериментов.
3. Полученные результаты исследований.
4. Выводы.

Текущий контроль успеваемости проходит в форме защиты лабораторной работы с ответами на контрольные вопросы.

1. БИОТЕХНОЛОГИЯ БРОДИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Лабораторная работа № 1

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРОРАЩИВАНИЯ НА АКТИВНОСТЬ АМИЛАЗ СОЛОДА

Цель работы: изучение влияния условий проращивания на активность амилаз солода и построение S-образной кривой изменения активности амилазы по микрофенологическим фазам прорастания семян.

Материалы и приборы: ячменное зерно, стеклянная или эмалированная посуда, влагомер Чижовой, сушильный шкаф, бюксы, эксикатор, пинцет, весы.

Теоретические предпосылки

Процесс проращивания зерна включает в себя использование ферментов, которые способствуют специфическим биохимическим преобразованиям. Важно в нужный момент остановить проращивание, чтобы достичь оптимальных результатов.

Во время проращивания зерно претерпевает множественные морфологические изменения. В течение первых пяти дней под воздействием ферментных систем происходит заметное изменение состава ячменя, в то время как в последующие дни эти изменения становятся менее выраженными. Учитывая значимость амилитических ферментов, исследование активности амилазы на всех этапах проращивания семян является приоритетной задачей.

Шкала, состоящая из восьми визуально различимых этапов прорастания, представлена на рис. 1.

Установленные и предложенные микрофенологические фазы прорастания семян (МФФ ПС) соответствуют определенным моментам изменения влажности зародыша. Анализ формы кривой и положения ее максимума позволяет оценить динамику активности амилазы в процессе проращивания семян.

- *Лag-фаза.* Интервал между сухой зерновкой и фазой «точка» представляет собой период, когда активность амилазы начинает проявляться.

- *Ускорение.* Переход от фазы «точка» до фазы «корешки 1» указывает на интенсивное развитие процесса.

- *Логарифмический рост.* От «корешков 1» до «корешков 2» наблюдается стремительное увеличение активности фермента.

- *Торможение.* Промежуток от фазы «корешки 2» до «корешки 3» отмечается замедлением.

- *Старение.* После этого начинается процесс старения, который соответствует фазам «росток» и «проросток».

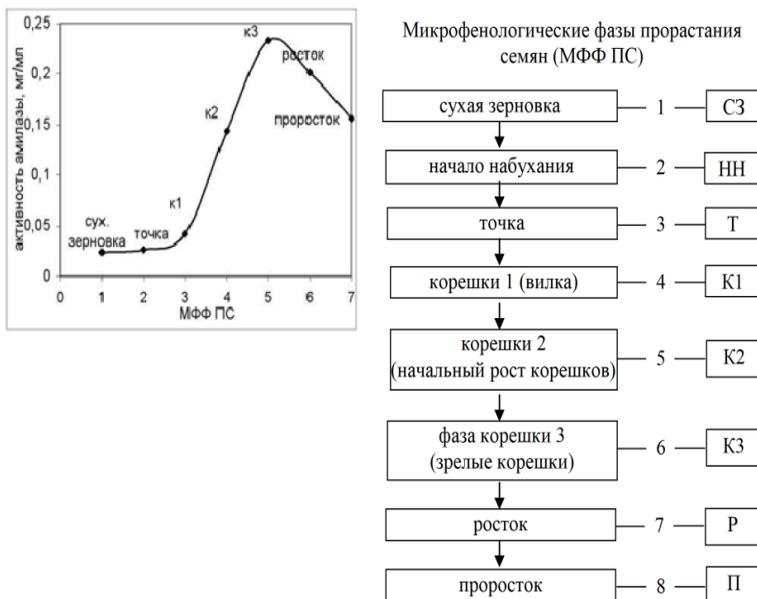


Рис. 1. Изменение активности амилазы по МФФ ПС ярового ячменя в условиях оптимального увлажнения

Исследуя соответствие активности амилазы в рамках МФФ ПС и участков S-образной кривой, можно выделить ключевые фазы – МФФ ПС-К2 и К3, когда активность амилазы достигает своего пика, после чего ее уровень постепенно снижается.

На этапе формирования и роста корешков, начиная с МФФ-К1 и заканчивая МФФ-К3, активность амилазы увеличивается в 5, 6 раз, достигая уровня в 61,5% от максимального значения на фазе МФФ-К2. С появлением ростка наблюдается снижение активности фермента на 13,5%, а при развитии проростка – на 33,2%.

На процесс солодоращения оказывают влияние несколько ключевых факторов (рис. 2).

Для получения светлого солода ячмень проращивают при более низкой температуре 13...18 °С, для темного солода в первые сутки рашения температура 15...17 °С, а в последующие ее повышают до 22...25 °С.

В начале проращивания ячмень следует аэрировать, чтобы диоксид углерода не мешал дыханию зародыша и образованию амилазы, а также эндо-3-глюканазы и эндопептидазы.

После накопления достаточного количества ферментов они могут функционировать и при недостатке кислорода. Поэтому аэрирование ограничивается, чтобы сократить потери сухих веществ из-за дыхания.

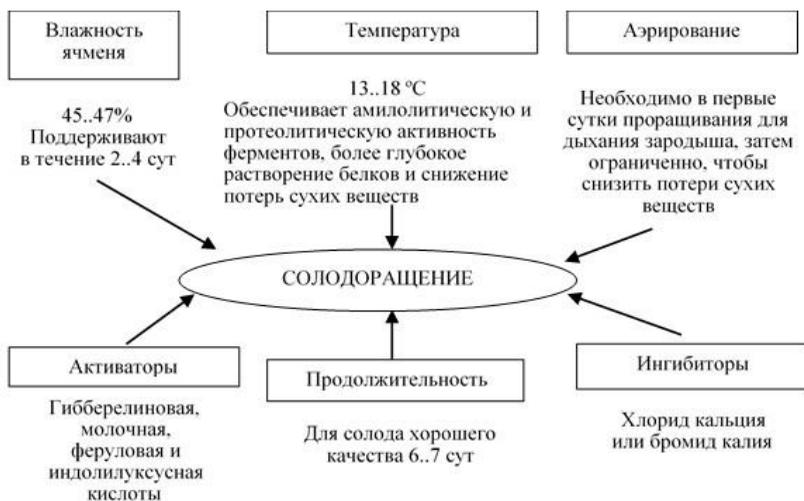


Рис. 2. Факторы, влияющие на процесс солодоращения

Продукт, получаемый в результате прорастивания ячменя, – свежепросошедший солод – отличается от обычного зерна наличием корешка и проростка зародышевого листка, который может иметь различную длину. Также наблюдаются изменения во влажности и растираемости эндосперма (рис. 3).

Сушка солода играет ключевую роль, обеспечивая его переход в устойчивое состояние и способствуя формированию характерного вкуса, аромата и цвета. Свежепросошедший солод, прежде чем пройти процесс сушки, содержит 43, 45% влаги, тогда как высушенный солод имеет влажность всего 1,5...4,0%.

Процесс сушки солода можно разделить на четыре главные фазы: физическую, физиологическую, ферментативную и химическую (рис. 4).

Влияние процесса сушки солода на качество и выход экстракта.

Процесс сушки солода оказывает значительное влияние не только на выход экстракта (содержание сухих веществ в солоде), но и на качество готового продукта. Например, аромат пива зависит от свойств меланоидинов, в то время как пенообразование и пеностойкость также важны для конечного продукта.

Ростки отделяют немедленно после сушки, так как в этом состоянии они являются хрупкими и легко ломаются. Кроме того, ростки способны быстро поглощать влагу и содержат горькие вещества, которые ухудшают качество пива. После завершения процесса сушки солод имеет влажность в пределах 1,5...2,0%.

Перед поступлением в производство солод необходимо хранить в специальных условиях не менее 30 дней. Это время позволяет восстановить эластичность оболочки и активировать ферменты. В результате хранения влажность солода не должна превышать 5...6%.

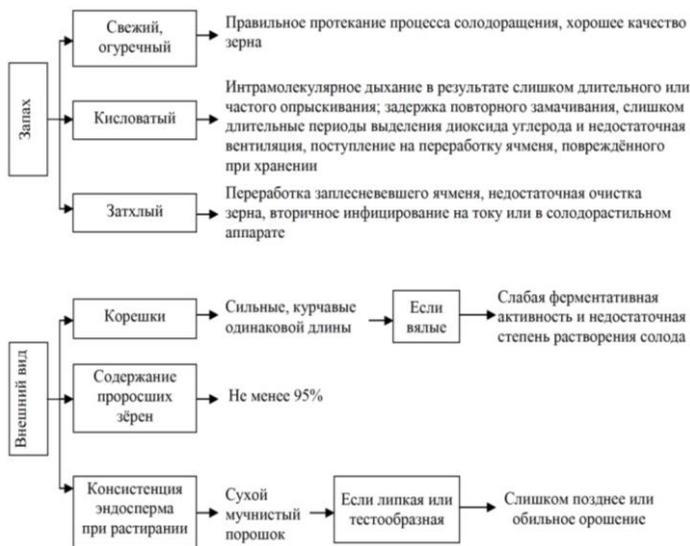


Рис. 3. Свойства свежепросороженного солода

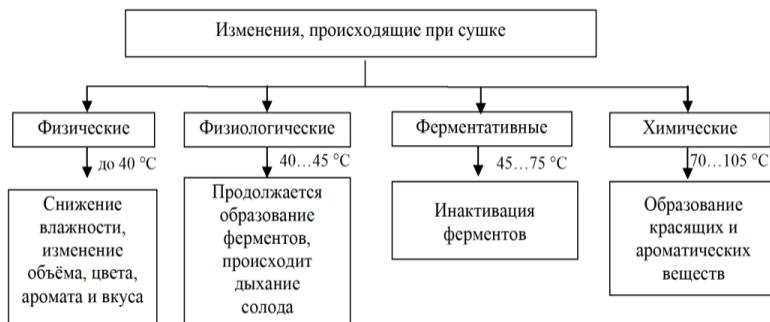


Рис. 4. Изменения, происходящие при сушке

Техника определения

1. Проращивание зерна ячменя и анализ активности амилазы.

Для выполнения анализа группа студентов делится на три-четыре бригады. Преподаватель предоставляет каждой из бригад конкретные условия для проращивания зерна, такие как уровень влажности, температура проращивания, а также периодичность и продолжительность аэрации, примеры которых можно найти в табл. 1.

1. Подготовка зерна: промойте ячменное зерно прохладной кипяченой водой и замочите его на 24...36 ч в стеклянной или эмалированной посуде при поддержании фиксированной температуры от 10 до 17 °С.

1. Условия проращивания зерна

Номер варианта	Влажность проращивания зерна, %	Температура проращивания, °С	Периодичность увлажнения	Периодичность (аэрации) перемешивания
1	42	13	1 раз в 12 ч	1 раз в 12 ч
2	44	15	1 раз в 6 ч	1 раз в 6 ч
3	45	18	1 раз в 6 ч	1 раз в 6 ч
4	48	20	1 раз в 12 ч	1 раз в 12 ч

2. Замачивание: во время всего процесса замачивания сменяйте воду каждые 8...9 ч. На 2,0...2,5 ч оставляйте ячменные зерна без воды, что необходимо для активизации биохимических процессов в зерне.

3. Контроль влажности: периодически определяйте влажность зерна методом высушивания навески. Процесс замачивания считается завершенным, когда достигается заданная влажность для проращивания. Постройте кривую изменения влажности зерна в процессе замачивания.

4. Проращивание: в течение 6...7 сут осуществляйте проращивание ячменя. Во время проращивания периодически увлажняйте и осторожно перемешивайте зерна. Записывайте время и фиксируйте точки морфогенеза прорастающего семени.

5. Анализ активности амилазы: постройте график изменения активности амилазы по данным о морфогенезе, используя значения активности.

Сравнение групп: проведите сравнение результатов, полученных различными бригадами при различных условиях проращивания. Сформулируйте выводы на основе полученных данных.

2. Высушивание свежепроросшего солода и построение кривой сушки. Высушить проросший ячмень в суховоздушном шкафу, согласно схеме (рис. 5), с постепенным повышением температуры до остаточной влажности солода 3...4%.

Постройте кривую сушки, отражающую изменения влажности в процессе.

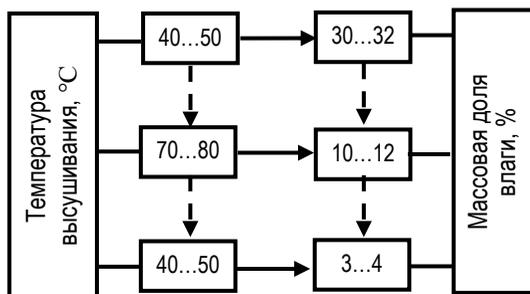


Рис. 5. Схема сушки солода

Результаты исследований

Протокол исследований включает в себя анализ результатов проращивания ячменя при разных условиях, график изменения активности амилазы, кривую сушки.

Вопросы для проверки

1. Назовите основные технологические стадии процесса получения солода.
2. Какие физические, физико-химические, биохимические и физиологические процессы происходят при замачивании ячменя?
3. Какие основные факторы влияют на процессы замачивания ячменя? Какие вы знаете способы замачивания ячменя?
4. В чем выражаются морфологические изменения зерна при проращивании?
5. Перечислите биохимические изменения зерна при проращивании. Какова роль ферментов в процессе солодоращения?
6. В чем заключается сущность физиологических, биохимических, химических и физических изменений при сушке солода?

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СОЛОДА

Цель работы: освоение методов органолептического и физико-химического анализа показателей качества солодов, предназначенных для пивоварения.

Материалы и приборы: солод ячменный и ржаной в зернах и молотый, 0,1 н. раствор едкого натрия, раствор фенолфталеина, 0,1 н. раствор йода, влагомер Чижовой; сушильный шкаф, бюксы, эксикатор, пинцет, секундомер, стаканы из прозрачного стекла, пипетки на 2 мл, штатив с закрепленным кольцом, линейка измерительная, весы технические, ФЭК-56, мерные колбы объемом 100 мл, микробюретки, рефрактометр.

Теоретические предпосылки

Качество солода является ключевым фактором, определяющим технологические режимы производства различных продуктов. Для оценки качества солода используют как органолептические, так и физико-химические показатели.

Органолептическая оценка включает анализ нескольких параметров.

- *Вкус.* Определяется тем, соответствует ли он типу солода.
- *Запах.* У светлого солода запах может варьироваться от хлебного до слабосолодового, в то время как темный солод обладает выраженным солодовым сладким ароматом. В обоих случаях вкус должен быть чистым и приятным.

- *Цвет.* Товарный солод характеризуется светло-желтой или равномерной желтой окраской. Наличие зеленоватых или темных оттенков указывает на плесневелость во время проращивания и свидетельствует о нарушении технологического процесса.

Оболочка солодовых зерен должна сохранять блеск, как у исходного ячменя. Ростки должны быть полностью удалены, а форма и размер зерна должны соответствовать переработанному ячменю. Это состояние указывает на хорошую разрыхленность солода. Если зерно сморщенное и меньше по объему, чем исходный ячмень, это знак неправильного процесса сушки: такой солод (жесткий или стекловидный) приведет к снижению выхода экстрактивных веществ.

Физико-химические характеристики, используемые для оценки качества солода, включают следующее:

- влажность;
- кислотность;
- экстрактивность;
- продолжительность осахаривания;
- амилолитическая активность.

2. Органолептические показатели светлого и темного солода

Показатель	Требования
Внешний вид	Однородная зерновая масса, не содержащая плесневелых зерен и зерновых вредителей
Цвет	От светло-желтого до желтого. Не допускаются зеленоватые и темные тона, обусловленные плесенью
Запах	Солодовый, более концентрированный у темного солода. Не допускаются кислый запах, запах плесени и др.
Вкус	Солодовый, сладковатый. Не допускаются посторонние привкусы

Качественное состояние солода отражает его способность соответствовать требованиям производства, что в конечном итоге влияет на характеристики конечного продукта (табл. 2).

Оценка вкуса солода и его физико-химические характеристики. Определение вкуса солода происходит путем раскусывания отдельных зерен. Этот простой метод также позволяет оценить разрыхленность и твердость солода. Хороший солод легко раскусывается без особых усилий, обладает мягким эндоспермом, что свидетельствует о высоком уровне растворимости.

Структура и качество солода. Несмотря на предпочтение к мягкому солоду, допускается небольшое количество зерен со стекловидной структурой (до 7,5...10,0%). Однако следует учитывать, что они плохо размалываются при дроблении и способны снизить выход экстракта.

Физико-химические показатели солода должны соответствовать требованиям, установленным в ОСТ (табл. 3).

В дополнение к светлым и темным солодам, которые являются основой для приготовления пивного сусла, в пивоваренном производстве используются специальные сорта ячменного солода.

Эти сорта служат для:

- корректировки и улучшения условий технологических операций при приготовлении пивного сусла, процессе брожения и дображивания (группа I);
- улучшения цвета, вкуса и аромата как пивного сусла, так и готового пива (группа II).

Группа: высокоферментативные сорта.

К первой группе относятся высокоферментативные сорта солода, такие как диастатический солод (диафарин), а также солоды, предназначенные для подкисления затора (протеолитический солод).

3. Физико-химические показатели светлого и темного солода

Показатель	Светлый солод			Темный солод
	Высокого качества	I класса	II класса	
Солод	3,0	5,0	8,0	8,0
Проход через сито 2,2×20,0 мм, %, не более	Не допускается	0,3	0,5	0,3
Массовая доля сорной примеси, %, не более				
Количество зерен, %:				
мучнистых, не менее	85,0	80,0	80,0	90,0
стекловидных, не более	3,0	5,0	10,0	5,0
темных, не более	Не допускается		4,0	10,0
Массовая доля влаги (влажность), %, не более	4,5	5,0	6,0	5,0
Массовая доля экстракта в сухом веществе солода тонкого помола, %, не менее	79,0	78,0	76,0	74,0
Разница массовых долей экстрактов в сухом веществе солода тонкого и грубого помола, %, не более	Не более 1,5	1,6...2,5	Не более 4,0	–
Массовая доля белковых веществ в сухом веществе солода, %, не более	11,5	11,5	12,0	–
Отношение массовой доли растворимого белка к массовой доле белковых веществ в сухом веществе солода (число Кольбаха), %	39...41	–	–	–
Продолжительность осахаривания, мин, не более	15	20	25	–
Лабораторное сусло				
Цвет, см ³ , 0,1 моль/дм ³ раствора йода на 100 см ³ воды, не более	0,18	0,20	0,40	0,5...1,3
Кислотность, см ³ , раствора гидроокиси натрия концентрации 1 моль/дм ³ на 100 см ³ сусла	0,9...1,1	0,9...1,2	0,9...1,3	–
Прозрачность (визуально)	Прозрачное	Прозрачное	Допускается небольшой опал	–

Их применение обеспечивает значительные технологические и экономические преимущества, особенно при работе с несоложенным сырьем. Эти сорта способствуют улучшению ферментации и позволяют эффективно перерабатывать сырье.

II группа: специальные сорта.

Во второй группе представлены различные типы солода, которые играют ключевую роль в создании уникальных сортовых характеристик пива. Среди них выделяются:

- *красящие солоды:* карамельный и темный солоды, которые придают напитку насыщенный цвет;
- *цветные солоды:* жженный солод, усиливающий аромат и вкус;
- *ароматные солоды:* томленный или ферментированный солод, которые придают пиву особенные нотки;
- *меланоидиновые солоды:* улучшают текстуру и стабильность пива.

Витаминные солоды: способствуют обогащению вещества и повышению его питательных свойств.

Эти сорта значительно улучшают качество конечного продукта, придавая ему уникальный вкус и аромат, а также увеличивают стойкость пива.

Техника определения

1. Органолептическая оценка солода. Органолептическая оценка солода – важный этап контроля качества. Хороший солод должен иметь: равномерный цвет и структуру; приятный хлебный или карамельный аромат; сбалансированный сладковатый вкус; отсутствие посторонних запахов и привкусов.

Этот метод позволяет быстро выявить брак и гарантировать высокое качество сырья для пивоварения, производства виски и других продуктов.

2. Показатель для оценки солода – масса 1000 зерен. Чем лучше разрыхлен солод, тем меньше масса 1000 зерен. Обычно она варьируется в пределах 28...38 г на воздушно-сухое вещество и 25...35 г – на сухое вещество. Выравненность солода определяется так же, как и ячменя на сортировочных ситах. При этом важно следить за количеством отходов: для солода I сорта этот показатель не должен превышать 2%, а для солода II сорта – 3%.

3. Определение влажности солода. Влажность устанавливают методом высушивания навески. Для этого 5 г измельченного солода помещают в бюкс с притертой крышкой, взвешивают на аналитических весах, помещают в сушильный шкаф на 50 мин при 130 °С, после сушки бюкс помещают в эксикатор для охлаждения. Влажность вычисляют по формуле

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где m_1 – масса пустого бюкса, г; m_2 – масса бюкса до высушивания, г; m_3 – масса бюкса после высушивания, г.

При вычислении результатов доли до 0,05 отбрасывают, а доли, равные 0,05 и больше, округляют до 0,1.

4. Определение экстрактивности. Анализ включает в себя процесс превращения веществ, содержащихся в солоде, в растворимое состояние под воздействием активных ферментов. Для этого происходит приготовление затора из солода, который затем фильтруется, приводя к образованию лабораторного сусла. На основе экстрактивности полученного сусла вычисляется экстрактивность солода.

Определение экстрактивности производится по стандартному методу. Сначала на техномических весах взвешивают 50 г измельченного солода, затем перемещают его в предварительно отмеренную 500-миллилитровую коническую колбу и добавляют 200 мл воды, разогретой до 47 °С. После этого колба снова взвешивается.

Колбу помещают в ультратермостат с водой, подогретой до 45 °С, и выдерживают ее в этом состоянии в течение 30 мин, постоянно перемешивая содержимое. После этого смесь солода с водой в колбе нагревают, увеличивая температуру на 1 °С каждую минуту. Когда температура достигает 70 °С, в колбу добавляют 100 мл воды, также нагретой до 70 °С. На этой температуре затор выдерживают с перемешиванием в течение 1 ч, а затем охлаждают до комнатной температуры за 10...15 мин.

После охлаждения содержимое колбы доводят до массы 450 г, добавляя воду с точностью до 0,1 г на техномических весах, тщательно перемешивают и фильтруют через складчатый фильтр диаметром 30...32 см в чистую колбу. Первые 100 мл полученного фильтрата подлежат повторной фильтрации. Воронки должны быть достаточно большими, чтобы вместить весь затор, в процессе фильтрации их накрывают часовым стеклом.

Полученный фильтрат помещают между призмами рефрактометра и делают 2–3 измерения. На основе средней арифметической величины этих показаний, выраженной в единицах прибора, с помощью таблицы определяют рефрактометрический показатель содержания экстрактивных веществ в процентах в исследуемом фильтрате. Далее вычисляют содержание экстрактивных веществ в солоде, выразив результат в процентах на сухое вещество по формулам:

$$E' = \frac{e(800 + W)}{100 - e}, \quad (2)$$

где E' – экстрактивность солода на суховоздушную смесь, %; e – показания рефрактометра, %; W – влажность солода, %.

$$E = \frac{E'}{100 - W} \cdot 100, \quad (3)$$

где E – экстрактивность солода на сухое вещество, %; E' – экстрактивность солода на суховоздушную смесь, %; W – влажность солода, %.

5. Определение продолжительности осахаривания. Определение продолжительности процесса осахаривания в стандартном методе осуществляет-

ся параллельно с измерением экстрактивности солода. Как только температура достигает 70 °С, каждые 5 мин с помощью стеклянной палочки с оттянутым кончиком отбирают каплю из заторного стакана, которая затем помещают в лунку пластины с лунками и соединяют с каплей раствора йода. Завершение осахаривания фиксируется моментом, когда появляется чисто желтое окрашивание. Для контроля в соседней лунке помещают каплю воды, смешанную с каплей раствора йода. Появление желтого цвета указывает на то, что в заторе отсутствует неосахаренный крахмал, амилодекстрины (которые дают с йодом синее окрашивание) и эритродекстрины (которые при взаимодействии с йодом окрашиваются в красный).

Запись в лабораторном журнале:

Время полного осахаривания t , мин.

6. Определение кислотности солода. В случае, если желтая окраска не появляется, а наблюдается грязно-сероватый или коричневатый оттенок, рекомендуется использовать микроскоп для более точного определения степени осахаривания. На предметное стекло наносят каплю затора (освободившегося от взвешенных частиц) и каплю раствора йода, накрывают покровным стеклом и наблюдают под микроскопом с увеличением 200...300 раз. При отсутствии крахмала и его более высоких продуктов распада наблюдается желтое окрашивание, тогда как наличие этих компонентов приводит к синему или красному цвету.

Кислотность солода выражается в миллилитрах 1 н. раствора щелочи, используемого для титрования кислот и кислородсодержащих веществ, содержащихся в 100 г сухих веществ солода. Этот показатель определяют с помощью титрометрического метода.

Для определения кислотности в стаканчик вместимостью 100 мл помещают 2 мл суела и 50 мл дистиллированной воды, добавляют 2 капли раствора фенолфталеина и титруют полученную смесь 0,1 н. раствором гидроксида натрия до появления устойчивого розового окрашивания. Кислотность солода рассчитывается по формуле

$$K = \frac{A \cdot 50 \cdot 100}{100 - W}, \quad (4)$$

где A – количество щелочи, пошедшей на нейтрализацию 2 мл фильтрата солодового экстракта, мл; W – влажность солода, %.

7. Определение цветности солода. Цвет солода играет ключевую роль в окраске пива. Он выражается в миллилитрах 1 н. раствора йода на 100 г сухих веществ солода. Определение цвета солода осуществляется с использованием фотоэлектроколориметра.

Метод фотоколориметрии основан на измерении интенсивности света, который прошел через окрашенный раствор, с помощью специализированных оптических приборов, оснащенных фотоэлементами – фотоколориметрами.

Поглощение света в растворах характеризуется двумя основными параметрами: интенсивностью поглощения светового потока и длиной волны

поглощенного света. Интенсивность поглощения зависит от свойств вещества, его концентрации и толщины слоя, и может быть описана уравнением

$$I = I_0 \cdot 10^{\varepsilon CL}, \quad (5)$$

где I_0 , I – интенсивность светового потока, соответственно падающего и прошедшего через раствор; ε – молярный коэффициент светопоглощения, зависящий от природы растворенного вещества; C – молярная концентрация растворенного вещества в растворе; L – толщина слоя поглощающего раствора.

Для определения фильтрат солодового экстракта помещают в кювету на 10 мм и определяют оптическую плотность раствора на фотоэлектроколориметре ФЭК-56, светофильтр № 4.

Цветность солода рассчитывают по формуле

$$Ц_{\text{В}} = \frac{D}{0,0075} \frac{100}{(100 - W)}, \quad (6)$$

где D – величина оптической плотности; W – влажность солода, %.

Результаты исследований

Наименование солода

Цвет

Запах

Вкус

Внешний вид

Масса одной навески из 500 зерен m_1 , г

Масса второй навески из 500 зерен m_2 , г

Масса 1000 зерен $m_{\text{ф}} = m_1 + m_2$, г

Массу 1000 зерен пересчитывают на сухое вещество m

Заключение.

Метод определения влажности

Масса пустого бюкса, г

Масса бюкса до высушивания, г

Масса бюкса после высушивания, г

Влажность солода W , %

Заключение.

Масса пустой колбы $m_{\text{к}}$, г

Масса колбы с сухими солодом $m_{\text{к.с}}$, г

Масса колбы с сушлом $m_{\text{су.с}}$, г

Показания рефрактометра e , %

Экстрактивность солода на суховоздушную смесь E' , %

Содержание экстрактивных веществ

при расчете на сухое вещество солода E , %

Заключение.

Время полного осахаривания t , мин

Количество 0,1 н. раствора щелочи, пошедшей на титрование 2 мл фильтрата A , мл

Кислотность солода K , мл 1 н. раствора щелочи на 100 г сухих веществ солода

Результат анализа

Оптическая плотность раствора, D

Влажность солода W , %

Цветность солода, мл 1 н. йода на 100 г сухих веществ

Вопросы для проверки

1. Какой зерновой продукт называют солодом?
2. Какие биохимические изменения происходят в ячмене при проращивании?
3. Сравните физические свойства ячменя и солода?
4. Какие показатели характеризуют качество солода?
5. В чем заключается сущность определения экстрактивности солода?
6. Какой метод используют при определении цветности солода?

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ЗАТИРАНИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУСЛА

Цель работы: освоение методов получения и анализа пивного сусла.

Материалы и приборы: солод разных сортов, 0,1 н. раствор едкого натра, фенолфталеин, йод для осахаривания, солод, дистиллированная вода, стаканы, кофемолка, водяная баня, бумажные фильтры, пикнометры, весы, цилиндры, рефрактометр, фарфоровые пластинки, стеклянные палочки, фотоэлектрокалориметр, рН-метр, влагомер Чижовой, эксикатор.

Теоретические предпосылки

Цель затираания состоит в экстрагировании растворимых веществ солода и несоложеного зерна и превращении под действием ферментов большей части нерастворимых веществ в растворимые. Вещества, перешедшие в раствор при затираании, называются экстрактом.

В пивоварении применяют два способа затираания: настойный и отварочный (рис. 6).

Хотя выход экстракта при настойном способе ниже, чем при отварочном методе, ферменты в заторе сохраняются лучше, а сусло получается с высоким содержанием аминокислот и мальтозы. При этом сусло, полученное настойным способом, содержит меньше декстринов, что способствует более интенсивному брожению.

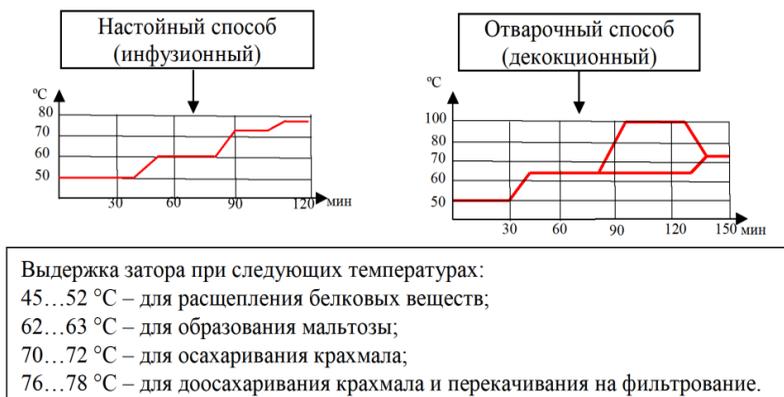


Рис. 6. Способы затирания

Затирание солода и несоложенных материалов с применением ферментных препаратов. Учитывают, что несоложеное сырье зачастую используется по рецептуре для создания уникальных вкусов сортов пива (таких как Московское, Ленинградское, Ячменный колос и др.), а также для снижения себестоимости за счет экономии на дорогом ячменном солоде.

При переработке несоложенных компонентов необходимо обратить внимание на различия в структуре и состоянии крахмала. В процессе солодоращения связывающие вещества освобождают крахмал, что позволяет быстрее протекать клейстеризации и разжижению крахмала благодаря ферментам, что в свою очередь снижает вязкость затора. Для работы с большими количествами несоложенного сырья обычно применяются ферментные препараты микробного происхождения. В пивоварении разрешены к использованию такие препараты, как Амила субтилин Г10х, Амилоризин Пх, Цитороземин Пх и мультиэнзимные композиции (МЭК). Дозировка ферментных препаратов со стандартной активностью происходит в зависимости от содержания несоложенного ячменя.

Технохимический контроль при производстве пивного сула включает в себя определение содержания экстрактивных веществ, полноты осахаривания, цветности сула, а также титруемой и активной кислотности и содержания редуцирующих веществ.

Техника определения

Для выполнения работы группа разбивается на две бригады, одна из которых исследует показатели сула, полученного настойным, другая – отварочным способом.

Настойный способ. В заранее подготовленный стакан помещают $50 \pm 0,01$ г измельченного солода и 200 мл дистиллированной воды с темпе-

ратурой 47 °С. стакан помещают на водяную баню, разогретую до 45 °С, и выдерживают в течение 30 мин с периодическим перемешиванием содержимого. После этого температуру в заторе повышают до 70 °С, нагревая со скоростью 1 °С в минуту. Как только достигается температура 70 °С, добавляют 100 мл воды той же температуры и осахаривают затор при перемешивании в течение 1 ч. Затем его остужают до комнатной температуры, и с помощью небольших порций воды доводят общее содержание до 450 г. После тщательного перемешивания затор фильтруют через бумажный фильтр, возвращая первые порции фильтрата обратно для достижения прозрачности.

Отварочный способ. В предварительно взвешенный стакан помещают $50 \pm 0,01$ г измельченного солода и 200 мл дистиллированной воды температурой 47 °С. стакан помещают на водяную баню, нагретую до 50...52 °С, где выдерживают в течение 30 мин, периодически мешая (это белковая пауза). Затем 1/3 затора (густая масса) отбирают и нагревают при перемешивании до 62...63 °С, выдерживают 20 мин (это мальтозная пауза). Далее температуру поднимают до 70...72 °С, где оставляют на 15 мин для осахаривания крахмала. После осахаривания затор доводят до кипения и кипятят в течение 20 мин с постоянным перемешиванием. Кипяченую часть затора, известную как отварка, медленно смешивают с основным затором.

После смешивания температуру заторной массы устанавливают на 63...65 °С, и выдерживают паузу продолжительностью 10...15 мин. Затем 1/3 густой заторной массы вновь отбирают, нагревают до 70...72 °С, выдерживают 20 мин, быстро нагревают до кипения и кипятят от 5 до 20 мин в зависимости от качества солода и сорта пива. Время кипения отварки увеличивают, когда используется плохо растворенный солод и при производстве темных сортов пива. После этого вторую отварку медленно возвращают в основной затор и оставляют для полного осахаривания.

Затем затор охлаждают до комнатной температуры и, как и в настольном методе, доводят содержимое до 450 г с помощью небольших порций воды. После хорошего перемешивания фильтруют через бумажный фильтр, также возвращая первые порции фильтрата для обеспечения прозрачности.

1. Экстрактивность. Суть метода экстрактивности заключается в растворении экстрактивных веществ солода под действием его собственных ферментов, после чего определяется концентрация этих веществ в полученном растворе. В фильтрате относительную плотность определяют с помощью пикнометра, после чего по табл. 4 находят соответствующее содержание экстрактивных веществ. Зная влажность и содержание экстрактивных веществ (E) в солоде, вычисляют экстрактивность на воздушно-сухое вещество (E_1) по формуле

$$E_1 = [e (800 + W)] / (100 - e), \quad (7)$$

где e – содержание экстрактивных веществ в лабораторном сусле, %.

2. Определение содержания экстрактивных веществ рефрактометрическим способом. Для определения содержания экстрактивных веществ в лабораторном сусле используется рефрактометр. На первом этапе фильтрат помещают на призму прибора, после чего производят измерение рефракции света, проходящего через образец. Значение, полученное в результате измерений, позволяет установить содержание экстрактивных веществ в сусле.

4. Соответствие плотности сусла и экстрактивности

Относительная плотность ($\rho_{20/20}$, г/см ³) и экстрактивность (E, г на 100г) жидкости							
ρ	E	ρ	E	ρ	E	ρ	E
1,01750	4,454	1,03000	7,558	1,04250	10,596	1,05500	13,569
1,01800	4,580	1,03050	7,681	1,04300	10,716	1,05550	13,687
1,01850	4,705	1,03100	7,803	1,04350	10,836	1,05600	13,804
1,01900	4,830	1,03150	7,926	1,04400	10,956	1,05650	13,921
1,01950	4,955	1,03200	8,048	1,04450	11,075	1,05700	14,039
1,02000	5,080	1,03250	8,171	1,04500	11,195	1,05750	14,156
1,02050	5,205	1,03300	8,293	1,04550	11,315	1,05800	14,273
1,02100	5,330	1,03350	8,415	1,04600	11,435	1,05850	14,390
1,02150	5,455	1,03400	8,537	1,04650	11,554	1,05900	14,507
1,02200	5,580	1,03450	8,659	1,04700	11,673	1,05950	14,624
1,02250	5,704	1,03500	8,781	1,04750	11,792	1,06000	14,741
1,02300	5,828	1,03550	8,902	1,04800	11,912	1,06050	14,857
1,02350	5,952	1,03600	9,024	1,04850	12,031	1,06100	14,974
1,02400	6,077	1,03650	9,145	1,04900	12,150	1,06150	15,090
1,02450	6,200	1,03700	9,267	1,04950	12,268	1,06200	15,207
1,02500	6,325	1,03750	9,388	1,05000	12,387	1,06250	15,323
1,02550	6,449	1,03800	9,509	1,05050	12,506	1,06300	15,439
1,02600	6,572	1,03850	9,631	1,05100	12,624	1,06350	15,555
1,02650	6,696	1,03900	9,751	1,05150	12,743	1,06400	15,671
1,02700	6,819	1,03950	9,873	1,05200	12,861	1,06450	15,787
1,02750	6,943	1,04000	9,993	1,05250	12,979	1,06500	15,903
1,02800	7,066	1,04050	10,114	1,05300	13,098	1,06550	16,019
1,02850	7,189	1,04100	10,234	1,05350	13,215	1,06600	16,134
1,02900	7,312	1,04150	10,355	1,05400	13,333	1,06650	16,249
1,02950	7,435	1,04200	10,475	1,05450	13,451	1,06700	16,365

Зная влажность солода и содержание экстрактивных веществ (E), можно вычислить экстрактивность на воздушно-сухое вещество (E₁) по формуле

$$E' = \frac{e(800 + W)}{100 - e}, \quad (8)$$

где e – показания рефрактометра; %; W – влажность солода, %.

Содержание экстрактивных веществ в солоде на сухое вещество определяют по формуле

$$E = \frac{E'}{100 - W} \cdot 100. \quad (9)$$

3. Определение продолжительности осахаривания. Процесс превращения крахмала в редуцирующие сахара и декстрины под действием солодовых ферментов характеризуется временем, необходимым для полного

осахаривания затора при температуре 70 °С. Этот параметр становится доступен во время анализа экстрактивности солода.

Когда температура затора достигает 70 °С, начинается отбор проб: каждые 5 мин с помощью стеклянной палочки берут каплю затора и наносят ее на фарфоровую пластинку, смешивая с каплей йода (для приготовления смеси используется 20 мл 0,1 н. раствора йода, разбавленного с 80 мл воды). В первых пробах раствор йода окрашивается в характерный синий цвет, указывающий на присутствие крахмала. Процесс осахаривания считается законченным в тот момент, когда окраска йода остается неизменной, что свидетельствует о полном распаде крахмала на редуцирующие сахара и декстрины.

4. Определение цветности сусла фотоэлектроколориметрическим способом. Для определения цвета фильтрат солодового экстракта помещают в кювету на 10 мл и определяют оптическую плотность раствора на фотоэлектроколориметре, светофильтр № 4.

Цветность солода рассчитывают по формуле

$$Ц_{\text{В}} = \frac{D}{0,0075} \frac{100}{(100 - W)}, \quad (10)$$

где D – величина оптической плотности; W – влажность солода, %.

5. Определение кислотности. Активную кислотность определяют на рН-метре.

При определении титруемой кислотности к пробе лабораторного сусла объемом 50 мл приливают 2–3 капли фенолфталеина и титруют 0,1 н. раствором гидроксида натрия при постоянном перемешивании до появления слабого розового окрашивания, не исчезающего в течение 30 с.

Результаты исследований

Наименование солода

5. Показатели качества сусла

Наименование показателя	Способ затиранья	
	Настойный	Отварочный
Содержание экстрактивных веществ, %		
Продолжительность осахаривания, мин		
Цветность		
Кислотность		

Вопросы для проверки

1. Что называют засыпью, затором?
2. Какие физико-химические и биохимические процессы происходят при затираньи?
3. Проведите сравнительный анализ настойного и отварочного способов затиранья.

4. С какой целью проводят подкисление затора?
5. Какие факторы влияют на выход экстрактивных веществ?
6. Перечислите показатели, которые определяют в ходе теххимического контроля сусле.
7. Какова методика определения содержания экстрактивных веществ в сусле?

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПИВА

Цель работы: освоение методов органолептического и физико-химического анализа пива.

Материалы и приборы: 0,1 н. раствор едкого натра, раствор фенолфталина, 0,1 н. раствор йода, дистиллированная вода, фильтровальная бумага; стаканы из прозрачного стекла; линейка измерительная; микробюретки, анализатор качества пива Колос-1.

Теоретические предпосылки

Пиво – один из самых популярных слабоалкогольных напитков в мире, производство и продажа которого строго регулируются стандартами. Требования касаются сырья, технологии, безопасности и органолептических свойств.

По внешнему виду пиво – прозрачная жидкость (кроме нефилтрованного) без осадка (кроме дрожжевого) и посторонних включений. Оно должно иметь компактную устойчивую (для лагеров) пену и выделять пузырьки диоксида углерода. Вкус и аромат напитка должен быть чистым с хмелевой горечью без каких-либо посторонних вкусов и запахов. Каждый сорт имеет свои вкусовые особенности.

Органолептические показатели качества пива оцениваются по 25-балльной системе на дегустации по следующим показателям: прозрачность, цвет, вкус, хмелевая горечь, аромат, пенообразование.

На вкусовую чувствительность влияет температура: при значительном понижении вкус пива становится пустым; а при большом повышении – неприятным. Поэтому температура дегустируемого пива должна быть в пределах 8...12 °С.

Вкус оценивается по 5-балльной системе. Если показатель вкуса оценен как удовлетворительно, то общий балл по данному образцу не должен превышать оценки «удовлетворительно» независимо от высоких оценок по другим показателям.

Хорошее пиво должно иметь вкус и аромат, соединенные в гармоничное целое, основные отличия светлых и темных сортов показаны на рис. 7.

Для органолептических испытаний применяют цилиндрические бокалы из бесцветного стекла вместимостью 150...200 мл, высотой 105...110 мм с внутренним диаметром 70...75 мм.



Рис. 7. Органолептические отличия светлых и темных сортов пива

Физико-химические показатели пива должны соответствовать ГОСТу. Оценивают в пиве: содержание массовой доли диоксида углерода манометрическим методом; цветность; кислотность; содержание массовой доли спирта.

Техника определения

1. Определение органолептических показателей пива. Пенообразование определяют в цилиндрическом стакане высотой 105...110 мм с внутренним диаметром 70...75 мм. Стакан устанавливают на площадку лабораторного штатива, а над стаканом закрепляют кольцо штатива так, чтобы верхний край его 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 верхняя поверхность пены сравняется с краем стакана. Линейкой отмеряют расстояние от линии раздела «пена–пиво» до верхнего края стакана, устанавливают высоту пены в мм. В момент окончания налива включают секундомер. Оседание пены и образование на поверхности тонкой пленки считают концом опыта (рис. 8).

	Характеристика	Высота	Стойкость
5 баллов	Обильная, устойчивая, хорошо прилипающая	Не менее 40 мм	Не менее 4 мин
4 балла	Компактная, плотная	Не менее 30 мм	Не менее 3 мин
3 балла	Компактная	Не менее 20 мм	Не менее 2 мин
2 балла	Рыхлая, опадающая	Менее 20 мм	Менее 2 мин

Рис. 8. Балльная оценка пенообразования пива

Вкус и аромат оценивают, пробуя пиво небольшими глотками.

Прозрачность пива определяют просмотром напитка в проходящем свете, поставив стакан между глазом и источником света. Отмечают соответствующую характеристику: прозрачность с блеском, прозрачность без блеска, слабо и сильно опалесцирующее. Одновременно обращают внимание на выделение пузырьков диоксида углерода и различают обильное или медленное выделение пузырьков. Полученные данные систематизируют в сводную табл. 6.

2. Определение показателей пива. Анализатор качества пива Колос-1 (рис. 9) предназначен для определения (в %) массовой доли спирта; объемной доли спирта; массовой доли действительного экстракта; экстрактивности начального сусла. Анализатор качества пива Колос-1 позволяет определять в пиве дополнительные показатели: видимый экстракт, плотность пива, видимую и действительную степень сбраживания.



Рис. 9. Анализатор качества пива Колос-1

Пробу пива освобождают от двуоксида углерода и наливают в пробоприемник анализатора. После залива пробы автоматически включается термостат измерительной камеры. Проба подогревается, время подогрева зависит от начальной температуры пробы, и после стабилизации температуры, измеряется скорость распространения ультразвука через пробу в условных единицах. Через 2...3 мин на индикаторе анализатора высвечиваются результаты.

Методика измерения основана на измерении параметров ультразвука в пиве в зависимости от его температуры и состава. Без применения химических реактивов прибор позволяет одновременно измерять массовую и объемную долю спирта, массовую долю действительного экстракта в пиве, экстрактивность начального сусла без применения дистилляции, термостатирования и определения плотности.

3. Цветность пива. По цвету пива современные потребители судят о его концентрации. В два одинаковых химических стакана из бесцветного стекла на 150...200 мл отмеривают в один 100 мл пива, в другой – 100 мл дистиллированной воды. Под стаканы подкладывают лист белой бумаги и в стакан из пробирки по каплям при размешивании добавляют 0,1 н. раствор йода до тех пор, пока цвет воды не сравняется с цветом пива при рассмотрении, как с боку, так и сверху. Цвет пива выражают в мл 0,1 н. раствора йода на 100 мл пива. Цветность пива Жигулевского – от 0,6 до 2,0, Рижского – от 0,5 до 1,0, Бархатного, Портер – 8,0 и более.

4. Кислотность пива. Кислотность пива определяют методом титрования. В стаканчик вместимостью 150...200 мл вносят 50 мл дистиллированной воды и 2 мл пива (освобожденного от диоксида углерода нагреванием в течение 30 мин при 40 °С). Титруют до появления устойчивой розовой окраски. Кислотность выражается в мл 0,1 н. раствора щелочи на 100 мл пива. Кислотность пива Жигулевского должна быть в пределах от 0,1 до 2,8 мл, Портер – от 4,0 до 5,5.

Результаты исследований

6. Сводная таблица результатов анализов

Проба	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Прозрачность, балл				
Пенообразование: высота пены (мм), балл; стойкость (мин), балл				
Цвет, балл				
Аромат, балл				
Вкус, балл				
Хмелевая горечь, балл				
Солодовый вкус, балл				
Итоговый балл по органолептическим показателям				
Цветность пива, мл раствора йода				
Кислотность мл 0,1 н. раствора NaOH				
Оценка				

Вопросы для проверки

1. По каким органолептическим показателям оценивают качество пива?
2. По каким физико-химическим показателям оценивают качество пива?
3. Чем объясняется изменение кислотности пива в процессе хранения?
4. Методика определения цветности пива?
5. От чего зависит цветность пива?
6. Нарушения, каких технологических режимов влияют на качество готового продукта?

Лабораторная работа № 5

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ САХАРА В СУСЛЕ НА ВЫХОД ЭТАНОЛА ПРИ СПИРТОВОМ БРОЖЕНИИ

Цель работы: освоение биотехнологического способа получения этанола и методов определения показателей бражки и спирта.

Материалы и приборы: 0,1 н. раствор едкого натра, раствор фенолфталеина, спирт, эфир, 1 н. раствор гидроксида натрия, водяная баня, бумажный фильтр, центрифуга, рН-метр, весы, пикнометры, ультратермостат, мерные колбы, перегонная колба, плитка, установка для отгонки спирта, термостат с ценой деления 0,1 °С.

Теоретические предпосылки

Пищевой спирт получают из зерна, картофеля, мелассы, сахарной свеклы, реже – сахара-сырца (рис. 10).



Рис. 10. Физические и химические свойства спирта

Спирт ядовит для человека и животных, а также для микроорганизмов. Пары спирта вредны для организма человека. Предельно допустимая их концентрация в воздухе 1 мг/л, токсическая – 16 мг/л.

Спиртовые заводы выпускают три вида спирта (рис. 11).

Крепостью спирта называется процентное содержание в нем безводного спирта. Весовым процентом называется количество граммов спирта в 100 г раствора. Объемным процентом называется количество объемов спирта, выраженное в миллилитрах, в 100 мл раствора.

Согласно ГОСТ 3639–61 содержание спирта в водно-спиртовых растворах выражают в объемных процентах при нормальной температуре (20 °С). Объем водно-спиртового раствора выражают в литрах при температуре 20 °С. Если крепость спирта 88 об. %, то это значит, что в 100 л этого спирта содержится 88 л безводного спирта.



Рис. 11. Виды спирта

Выходом спирта называется объем его в декалитрах (дал), получаемый из одной тонны крахмала или сахарозы, содержащихся в сырье.

Важнейшими показателями бражки являются содержание сбраживаемых веществ (несброженных сахаров), кислотность и содержание спирта.

В зрелой бражке определяют осахаривающую способность, показывающую насколько сохранились ферменты, и нерастворимый крахмал в пробе нефилтрованной бражки.

Техника определения

Для выполнения работы группа разбивается на три бригады, каждая из которых исследует один из вариантов готовой бражки. Концентрации сахара в бражке составляют 10, 15, 20 и 25%. Количество засевных дрожжей 30 г, объем сусле 1200 мл, время брожения 6 сут, температура брожения: первые трое суток 24 °С, затем – 22°С. Полученные данные систематизируют в сводную табл. 8.

1. Определение рН бражки потенциометрическим методом.

Запись в лабораторном журнале:

Окислительно-восстановительный потенциал, рН

2. Определение активной кислотности методом титрования.

В химический стакан объемом 100 мл пипеткой отмеряют 10 мл исследуемой бражки, добавляют 40 мл дистиллированной воды и 3–4 капли фенолфталеина. Титруют раствором 0,1 н. NaOH до появления устойчивой розовой окраски.

Активную кислотность рассчитывают по формуле

$$x = \frac{50a}{10b}, \quad (11)$$

где a – количество щелочи, пошедшее на титрование, мл; b – объем бражки; 50 – объем титруемой смеси, мл; 10 – коэффициент перевода титра от 0,1 до 1 н.

Запись в лабораторном журнале:

Объем 0,1 н. NaOH, пошедший на титрование, мл

Кислотность

3. Определение концентрации дрожжей в бражке. В два центрифужных стаканчика наливают по 25 мл исследуемой бражки, которые размещают симметрично центрифуге. Центрифугирование длится 5 мин при 3000 об/мин, после удаления надосадочной жидкости определяем массу осадка дрожжей с 75%-ной влажностью.

Запись в лабораторном журнале:

Масса пустого центрифужного стаканчика, г

Масса центрифужного стаканчика с осадком, г

Масса влажных дрожжей, г

Концентрация дрожжей, г/л

4. Определение содержания спирта в трех образцах бражки, отличающихся исходным содержанием сахара в сусле.

Пикнометрический метод. Плотность водно-спиртового раствора изменяется закономерно от 1 до $0,79 \text{ г/см}^3$ с увеличением концентрации этилового спирта, по плотности находят содержание спирта в водном растворе. В заводской практике применяют пикнометры.

Точность пикнометрического метода зависит главным образом от точности нахождения плотности водно-спиртового раствора с точностью до $0,0001$, концентрацию спирта в растворе определяют со следующей точностью:

$\pm 0,10 \dots 0,08\%$ – в растворах, содержащих 1...30 об. % спирта;

$\pm 0,08 \dots 0,05\%$ – в растворах, содержащих 30...50 об. % спирта;

$\pm 0,05 \dots 0,04\%$ – в растворах, содержащих 50...70 об. % спирта;

$\pm 0,04 \dots 0,02\%$ – в растворах, содержащих 70...97 об. % спирта.

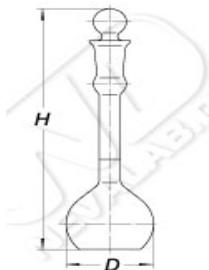


Рис. 12. Пикнометр

Тщательно вымытый пикнометр ополаскивают снаружи и внутри дистиллированной водой и переворачивают вверх дном для стекания воды. Затем его последовательно промывают этиловым спиртом и эфиром и продувают воздухом с помощью резиновой груши, одетой на стеклянную трубку с оплавленным концом, до полного высушивания. Пикнометр снаружи вытирают сухим полотенцем или фильтровальной бумагой, закрывают пробкой, выдерживают 30 мин в футляре весов и взвешивают. Высушивание и определение массы пикнометра повторяют не менее 2 раз. Расхождение между результатами параллельных определений массы пикнометра не должно превышать $0,003 \text{ г}$. За окончательный вариант принимают среднеарифметическое значение результатов параллельных определений.

Определение массы пикнометра с водой. Пикнометр наполняют свежескипяченной охлажденной дистиллированной водой чуть выше метки закрывают пробкой, помещают в водяную баню с температурой $20,0 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Через 30 мин, не вынимая пикнометр из водяной бани, доводят объем воды в нем точно до метки с помощью фильтровальной бумаги с ровно обрезанными краями, свернутой в тонкую трубочку (или полоской фильтровальной бумаги).

Внутреннюю поверхность шейки пикнометра выше метки тщательно вытирают фильтровальной бумагой, не касаясь уровня жидкости. Затем пикнометр закрывают пробкой, вынимают из водяной бани, досуха вытирают, выдерживают 30 мин в футляре весов и взвешивают. Определение массы пикнометра с водой повторяют до тех пор, пока расхождение между крайними значениями четырех параллельных измерений будет не более $0,003 \text{ г}$.

За окончательный результат принимают среднеарифметическое значение результатов четырех параллельных определений.

Установленная масса пикнометра с водой служит для последующих определений относительной плотности с водой.

Определение массы пикнометра с продуктом. Перед проведением анализа из продукта, содержащего избыток двуокиси углерода, ее удаляют в соответствии с ГОСТ Р 51653.

Чистый сухой пикнометр ополаскивают 3–4 раза исследуемым продуктом. Тем же продуктом наполняют пикнометр чуть выше метки, закрывают пробкой и помещают на 30 мин на водяную баню с температурой $20,0 \pm 0,2$ °С. Объем исследуемого продукта доводят до метки, как указано в пункте, затем пикнометр помещают в футляр весов, выдерживают 30 мин и взвешивают.

Относительная плотность продукта вычисляется по формуле

$$d_{20}^{20} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m}, \quad (12)$$

где m_2 – масса пикнометра с исследуемым продуктом, г; m – масса пикнометра, г; m_1 – масса пикнометра с водой, г.

Вычисления проводят с точностью до десятичного знака. За окончательный результат принимают среднеарифметическое значение двух параллельных определений, округленное до четвертого десятичного знака.

Плотность продукта ρ_{20} , г/см³ (г/мл), вычисляют по формуле

$$\rho_{20} = d_{20} 0,9982, \quad (13)$$

где 0,9982 – плотность воды при температуре 20 °С, г/см³.

При особо точном определении плотности, г/см³ (г/мл), следует вводить поправку на воздействие диоксида серы:

$$\rho_{20}^1 = \rho_{20} - 0,0006S, \quad (14)$$

где ρ_{20}^1 – скоррелированное значение плотности, г/см³; ρ_{20} – полученное значение плотности (формула 13), г/см³; S – общее содержание диоксида серы, г/дм³.

Определение содержания спирта в бражке. Крепость бражки находят по относительной плотности дистиллята d_{20}^{20} и выражают в объемных процентах.

Вначале бражку подвергают перегонке на установке (рис. 13).

Мерную колбу вместимостью 100 мл заполняют бражкой и доводят до метки при 20 °С. Содержимое колбы переносят в перегонную колбу на 250...300 мл без потерь. Мерную колбу трижды ополаскивают небольшими порциями (по 5...10 мл) дистиллированной воды, и ополоски сливают в перегонную колбу. Затем бражку нейтрализуют по лакмусу 1 н. раствором щелочи, что уменьшает образование пены при перегонке и исключает влияние кислот на точность определения крепости продукта.

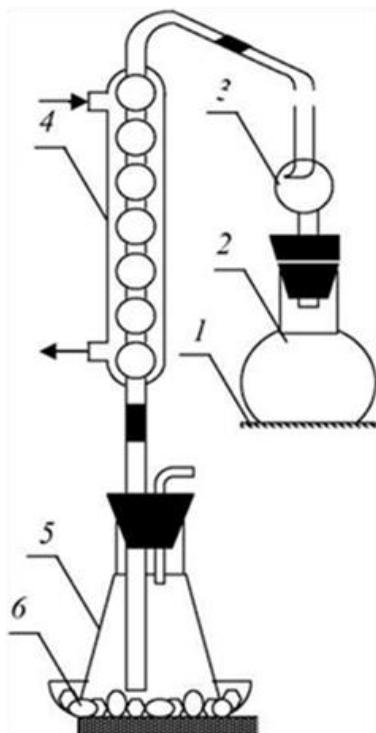


Рис. 13. Установка для отгонки спирта:

1 – колба нагреватель; 2 – перегонная колба; 3 – каплеуловитель Кьельдаля;
4 – противоточный холодильник; 5 – приемная колба; 6 – баня со льдом

Перегонную колбу сразу же соединяют через каплеуловитель с холодильником, через который пропускают холодную воду. В качестве приемника используют мерную колбу вместимостью 100 мл, в которую предварительно наливают 10...15 мл воды. Патрубок после холодильника погружают в воду и приступают к перегонке. Для уменьшения потерь спирта приемную колбу помещают в баню со льдом. Перегонку производят со скоростью 3,5...4,5 мл/мин. Следят, чтобы дистиллят не засасывало в холодильник, а экстрактивные вещества не пригорали.

Перегонку прекращают, когда мерная колба заполнится дистиллятом на $\frac{3}{4}$ объема. После этого прекращают подогрев содержимого перегонной колбы, и приемную колбу доводят дистиллированной водой при 20 °С до метки. Содержимое мерной колбы тщательно перемешивают, определяют плотность дистиллята пикнометром и находят содержание спирта в бражке (в об. %) по табл. 7.

7. Плотность водно-спиртового раствора в зависимости от температуры и относительного содержания спирта (по объему) при температуре 20 °С

Найти плотность раствора		Найти содержание этанола	
Содержание этанола при 20 °С (по объему), %	64,0	Плотность, г/мл	0,80500
Плотность, г/мл	0,89306	Содержание этанола при 20 °С (по объему), %	97,6
Температура, °С	28,7	Температура, °С	15,0

Запись в лабораторном журнале:

Масса пустого пикнометра, г

Масса пикнометра с дистиллированной водой, г

Масса пикнометра с водно-спиртовой смесью, г

Относительная плотность продукта, г/мл

Содержание спирта, %

Результаты исследований

8. Сводная таблица результатов анализов

Характеристика бражки	Концентрация сахара в сусле, %		
	10	17,5	25
V, мл			
pH			
C _{др} , г/л			
ρ, кг/м ³			
Титруемая кислотность			
d ₂₀ ²⁰			
Содержание спирта, %			
Выход спирта			

Вопросы для проверки

1. По каким признакам классифицируют сырье для производства спирта?
2. Назовите основные технологические стадии производства этилового спирта из сахаросодержащего (крахмалистого) сырья.
3. Чем определяются особенности производства спирта из сахара-сырца?
4. Какие виды спирта получают биотехнологическим способом и чем они отличаются?
5. Как определяется крепость спирта?
6. Назовите основные показатели, позволяющие оценить качество бражки.
7. Что такое видимый и истинный отброд?

2. БИОТЕХНОЛОГИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Лабораторная работа № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Цель работы: освоение методов органолептического и физико-химического анализа показателей пшеничной муки, предназначенной для хлебопечения.

Материалы и приборы: образцы муки пшеничной различных сортов, 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина, раствор гидроксида натрия, дистиллированная вода, раствор бромфенола синего, раствор 6%-ной уксусной кислоты, бюксы с крышками, эксикатор, коническая колба 100 см³, стакан химический вместимостью 200 см³, термометр стеклянный жидкостный, пластина стеклянная, набор сит, подковообразный магнит, фарфоровая ступка, капроновые фильтры, шпатели, весы технические, сушильный шкаф, мuffleная печь, анализатор текстуры Brookfield СТЗ, секундомер.

Теоретические предпосылки

Мука представляет собой порошкообразный продукт с разнородным гранулометрическим составом, получаемый путем измельчения зерновых культур, преимущественно пшеницы и ржи. Она широко используется в производстве хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий.

Химический состав и технологические свойства муки обусловлены видом исходного зерна, особенностями конкретной партии, технологией помола, а также выходом и сортом готового продукта. С химической точки зрения пшеничная мука является сложной многокомпонентной системой, включающей углеводную фракцию, представленную моносахаридами (глюкоза, фруктоза, арабиноза, ксилоза), полисахаридами (дисахара, трисахариды, тетрасахариды, пентозаны, крахмал, целлюлоза, гемицеллюлоза, пектиновые вещества и др.), липиды (глицериды, фосфо- и гликолипиды, жирорастворимые пигменты, стерин и др.), белки (10...12%), представленные протеинами (глиадин, глютен и др.) и протеидами (липопротеиды, гликопротеиды, нуклеопротеиды), минеральные вещества (преобладают фосфор, калий, магний, железо, марганец, никель, цинк, медь, молибден и кобальт) и витамины (тиамин, рибофлавин, пиридоксин, никотиновая кислота), а также ферментный комплекс, в котором преобладают амилолитические ферменты.

Для контроля соответствия качества муки стандартным нормам на мукомольных предприятиях производят анализ средней пробы, оценивая органолептические показатели (вкус, цвет, запах, хруст), влажность, наличие металлопримесей, зараженность муки амбарными вредителями, а при необходимости – кислотность, зольность и минеральную примесь.

Цвет пшеничной муки является важным фактором, определяющим оттенок хлебного мякиша. Он зависит от соотношения частиц эндосперма и зерновых оболочек, содержащих различные пигменты: хлорофилл (зеленый), каротин и ксантофилл (желтый), а также от цветности самого эндосперма, в котором присутствуют каротиноиды. Светлая мука также может давать темный мякиш – это связано с высокой активностью фермента полифенолоксидазы и присутствием свободного тирозина. Наибольшая склонность к потемнению наблюдается у муки, полученной из проросшего, самосогревшегося или поврежденного клопом-черепашкой зерна.

Важным параметром качества пшеничной муки является влажность, оптимальное значение которой 12...15%. Отклонение от этого диапазона приводит либо к активации гидролитических процессов и микробного роста (при повышенной влажности), либо ускоренному окислению липидов (при пониженной).

Кислотность муки обусловлена содержанием органических кислот, белковых веществ, кислых фосфатов и других соединений. В процессе хранения под действием биохимических процессов кислотность возрастает, что ухудшает технологические свойства муки. В первую очередь – качество клейковины.

Дополнительную информацию о качестве пшеничной муки получают, оценивая ее хлебопекарные свойства: газообразующую способность, силу муки, цвет и склонность к потемнению, крупность частиц. В летний период особое внимание уделяют проверке на зараженность картофельной болезнью, а также выборочно определяют автолитическую активность.

Белковый состав пшеничной муки, представленный преимущественно проламинами и глютеинами, хотя и обладает ограниченной биологической ценностью, играет ключевую роль в формировании реологических свойств теста. При гидротации эти белки образуют связанную, упругую, эластичную белковую матрицу – клейковину, качество которой оценивают по ее силе.

Сила муки отражает состояние белково-протеиназного комплекса и определяет реологические свойства сырой клейковины или теста (упругость, пластичность, эластичность и вязкость). Согласно этой характеристике различают муку сильную (высокое содержание клейковины), среднюю (среднее и ниже среднего содержание клейковины) и слабую (низкое содержание клейковины). Оптимальное качество хлеба обычно достигается при использовании муки средней по силе. Более точную оценку хлебопекарных свойств можно получить с помощью метода седиментационного осадка, основанного на способности белков муки набухать в слабокислой среде (раствор молочной или уксусной кислот) и образовывать осадок, объем которого служит косвенным показателем содержания белковых веществ. Количество сырой клейковины оценивается методом отмывания из теста, а качество – по цвету (светлая, серая, темная) и упругим свойствам (растяжимости, эластичности).

Растяжимость определяет способность белкового комплекса к удлинению под нагрузкой. Эластичность характеризует способность клейковины возвращаться к исходной форме после снятия деформирующей нагрузки, а упругие свойства отражают ее сопротивление сжатию.

Газообразующая способность муки является важным показателем, влияющим на хлебопекарные свойства. Она зависит от содержания собственных сахаров и скорости их образования при гидролизе крахмала под действием амилолитических ферментов муки и дрожжей. Этот параметр определяет интенсивность брожения и разрыхления теста, так как от него зависит питание дрожжей.

Сахарообразующая способность – это свойство водно-мучной смеси выработывать мальтозу при заданной температуре за определенное время. Этот процесс обусловлен активностью ферментов (α - и β -амилазы), действующих на крахмал, а также зависит от размера, структуры и состояния крахмальных зерен в частицах муки.

Микробиологический состав муки зависит от микрофлоры исходного зерна, включающей эпифитные микроорганизмы (бактерии *Erwinia herbicola* (преобладание служит индикатором хорошего качества зерна), микрококки, молочнокислые бактерии, *Bacillus subtilis*; споры плесневых грибов *Alternaria*, *Cladosporium*, *Ascochyta*, *Penicillium* и *Aspergillus*; небольшое количество дрожжей) и фитопатогенные (паразитические виды бактерий *Pseudomonas*; грибов *Claviceps purpurea*, *Ascomycetes* и *Fusarium*). Чем ниже сорт муки, тем выше общая микробиологическая обсемененность, что связано с повышенным содержанием частиц зерновых оболочек.

При обнаружении органолептических отклонений в качестве муки производят ее комплексный микробиологический анализ, определяя общую бактериальную обсемененность и количество спор бактерий рода *Bacillus*. Для идентификации зараженности спорами бактерий рода *Bacillus* применяют также метод лабораторных выпечек: образцы хлеба после выпекания инкубируют во влажной среде при температуре 37 °С, после чего проводят визуальную оценку мякиша на предмет наличия тягучей болезни.

Техника определения

1. Определение органолептических показателей качества муки.

Запах пшеничной муки должен соответствовать запаху культуры, из которой она получена (пшеница), без посторонних запахов (плесени, затхлости, кисловатости и т.п.). Свежесмолотая мука почти не имеет запаха. Наличие кислого или затхлого запаха свидетельствует о распаде составных частей муки при хранении ее в неблагоприятных условиях. Наличие неприятного запаха может быть также связано с жизнедеятельностью микроорганизмов и наличием нежелательных примесей (полынь, горчак, вязель и др.).

9. Органолептическая оценка качества пшеничной муки

Наименование показателя	Характеристика показателя		
	Образец 1	Образец 2	Образец N
Запах			
Вкус			
Хруст			
Цвет			

Для определения запаха пшеничную муку (20 г) переносят в стакан и заливают водой с температурой 60 °С на 1...2 мин, после чего воду сливают и определяют запах.

Вкус пшеничной муки должен соответствовать культуре, из которой она изготовлена (пшеница), без посторонних привкусов (кислого, горького и т.п.). При разжевывании не должно ощущаться *хруста* на зубах. Свежая мука должна иметь пресный вкус, с ощущением приятной сладковатости. Выраженный сладковатый вкус указывает на то, что мука получена из проросшего, морозобойного или незрелого зерна. Горький и кислый вкус свидетельствует о порче муки, а также может быть обусловлен присутствием посторонних примесей.

Вкус и наличие минеральных примесей (песка, глины и т.п.) в пшеничной муке устанавливают путем разжевывания 1...2 г, в спорных случаях – изготовленного на ее основе мякиша хлеба.

Цвет пшеничной муки является показателем сорта муки и определяется органолептическим путем сравнения с эталоном. Исследование проводят при дневном свете или при ярком искусственном освещении. Навеску пшеничной муки массой 3...5 г высыпают на пластинку, разравнивают до получения слоя толщиной 5 мм и накрывают стеклянной пластинкой. Цвет определяют посредством сравнения исследуемого образца с эталоном.

Результаты анализа пшеничной муки заносят в табл. 9.

2. Определение физико-химических показателей качества муки.

Определение массовой доли влаги в муке проводят с использованием метода высушивания. В ходе исследования две навески массой по 5 г подвергают термической обработке в сушильном шкафу при температуре 130 °С в течение 40 мин. Влажность образца рассчитывают по процентному соотношению потери массы после высушивания к исходной массе навески, принимая за окончательный результат среднее арифметическое значение двух параллельных определений.

Зараженность амбарными вредителями определяют методом механического просеивания. Для сортовой муки используют проволочное сито с ячейками 0,56 мм, для обойной – применяют последовательное просеивание через сита с размерами ячеек 0,67 и 0,56 мм. Остаток на ситах тщательно

исследуют на предмет обнаружения различных стадий развития насекомых-вредителей (жуков, куколок, личинок). Фракция, прошедшая через сито с размером ячеек 0,56 мм, используется для выявления возможности заражения клещом.

Содержание металломагнитных примесей проводится на навеске массой 1 кг. Методика исследования предусматривает равномерное распределение пробы муки тонким слоем (не более 5 мм) на гладкой рабочей поверхности. Для извлечения ферромагнитных частиц используют подковообразный магнит с минимальной грузоподъемностью 12 кг, которым выполняют последовательные продольные и поперечные проходы по поверхности муки. Частички металла, приставшие к магниту, снимают и взвешивают. Анализ повторяют трижды, каждый раз перемешивая и разравнивая пробу муки. Допустимое содержание металломагнитных примесей не должно превышать 3 мг на 1 кг муки. При этом максимально допустимый размер частиц – не более 0,3 мм.

Для установления *зольности* муки проводят озоление двух навесок массой 1,5...2,0 г в муфельной печи. Процесс считают завершенным при образовании зольного остатка белого или светло-серого оттенка. Зольность вычисляют в процентах на сухое вещество как среднеарифметическое двух определений.

Оценку *крупности* частиц муки выполняют методом просеивания через стандартный набор лабораторных сит, соответствующих конкретному сорту муки. Для анализа используют навеску массой 100 г (при исследовании обойной муки) или 50 г (для сортовой муки). Остаток на верхнем сите (содержание крупных частиц), а также проход на нижнем (содержание мелких частиц) взвешивают на технических весах и выражают в процентах к взятым навескам муки.

При подготовке муки к длительному хранению одним из ключевых показателей качества является *кислотность*, определяемая методом болтушки. Для проведения анализа берут навеску муки массой 5 г, которую помещают в сухую коническую колбу вместимостью 100 мл. К пробе добавляют 50 мл дистиллированной воды и тщательно взбалтывают до образования однородной суспензии. В полученную водно-мучную смесь вводят 3 – 5 капель 1%-ного спиртового раствора фенолфталеина в качестве индикатора. Титрование проводят 0,1 н. раствором гидроксида натрия до момента появления устойчивого розового окрашивания, которое должно сохраниться не менее одной минуты. Анализ выполняют в двух параллельных пробах, конечный результат рассчитывают как среднее арифметическое значение полученных данных. Допустимое расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,2 градуса. Результаты рассчитывают по формуле

$$X = \frac{100Vk}{10m}, \quad (15)$$

где V – количество 0,1 н. NaOH, пошедшее на титрование, мл; k – титр 0,1 н. раствора едкого натра по 0,1 н. раствору кислоты, $k = 1$; m – масса навески, г.

Для муки первого сорта установлен норматив кислотности, который не должен превышать 2 градуса.

Результаты анализа заносят в табл. 10.

10. Физико-химические показатели качества пшеничной муки

Наименование показателя	Характеристика показателя		
	Образец 1	Образец 2	Образец N
Влажность, %			
Зараженность			
Содержание металломагнитных примесей, мг			
Зольность, %			
Крупность муки, %			
Кислотность муки, град			

3. Определение хлебопекарной силы пшеничной муки по седиментационному осадку. Сущность метода основана на способности белковых компонентов муки образовывать осадок при взаимодействии с разбавленными кислотами (растворы молочной или уксусной кислот), причем объем этого осадка прямо пропорционален содержанию белковых веществ. Для проведения анализа в мерный цилиндр емкостью 100 мл с притертой пробкой, имеющий градуировку с точностью до 0,1 мл, помещают навеску муки массой 3,2 г. К навеске добавляют 50 мл подкрашенного бромфенолом синим дистиллированной воды, одновременно включая секундомер для контроля времени проведения анализа.

После энергичного встряхивания цилиндра в течение 5 с получают однородную суспензию, которую оставляют отстаиваться на 55 с. Затем в цилиндр вносят 25 мл 6%-ного раствора уксусной кислоты, после чего содержимое цилиндра перемешивают путем четырехкратного переворачивания в течение 15 с. После дополнительного отстаивания в течение 45 с проводят окончательное перемешивание – 18 плавных переворотов цилиндра за 30 с.

Заключительный этап анализа предусматривает отстаивание смеси в течение 5 мин, после чего измеряют объем образовавшегося осадка с точностью до 0,1 мл. В случае частичного всплывания осадка его объем учитывают в общем количестве. Полученные данные приводят к стандартной влажности муки 14,5% с помощью формулы

$$V_y = V_{y\text{эксп}} \left(\frac{100 - 14,5}{100 - w_m} \right), \quad (16)$$

где $V_{y\text{эксп}}$ – фактически измеренная величина седиментационного осадка, мл; w_m – фактическая влажность исследуемой муки, %.

Интерпретация результатов проводится по нормативам, учитывающим крупность помола муки. Для муки, проходящей через сито с диаметром ячеек

150 мкм, осадок объемом свыше 60 см³ свидетельствует об очень сильной хлебопекарной силе муки; 60...40 см³ – о сильной, 40...20 см³ – о средней, а менее 20 см³ – о слабой силе муки. Для более крупного помола (200 мкм) эти показатели составляют: свыше 45 см³ – очень сильная; 45...30 см³ – сильная, 30...15 см³ – средняя, а менее 15 см³ – слабая сила муки.

Результаты анализа заносят в табл. 11.

11. Хлебопекарная силы пшеничной муки по седиментационному осадку

Наименование показателя	Характеристика показателя		
	Образец 1	Образец 2	Образец N
Величина седиментационного осадка, см ³			
Сила муки (очень сильная, сильная, средняя, слабая)			

4. Определение количества клейковины пшеничной муки стандартным методом. Для определения количества сырой клейковины в фарфоровой ступке замешивают тесто: шпателем перемешивают 25 г муки с 13 мл воды температурой 18 ± 10 °С до образования однородной массы, после чего вручную разминают, собирают все прилипшие частицы со стенок чашки и инструмента. Из теста формируют шарик, который оставляют на 20 мин в закрытой чашке для набухания белков и равномерного распределения влаги.

Далее начинают процесс отмывания клейковины от крахмала и оболочек. Тесто помещают под слабую струю воды над шелковым или капроновым ситом, аккуратно разминая его пальцами. На начальном этапе отмывание проводят осторожно, чтобы не допустить потери фрагментов клейковины, а после удаления основной массы крахмала и оболочек процесс можно ускорить. Отделившиеся кусочки клейковины собирают и возвращают в общую массу. О завершении процесса отмывания судят по прозрачности воды, стекающей при отжиме (если не наблюдается крахмальных частиц, то процедуру прекращают). В случае, если клейковина не отмывается, результат фиксируют как «неотмывающаяся».

После промывания клейковину отжимают между ладонями. Предварительно вытирают их полотенцем. Массу несколько раз выворачивают, продолжая удалять избыточную влагу до тех пор, пока она не начнет слегка прилипать к рукам. Затем клейковину взвешивают, повторно промывают 2...3 мин, снова отжимают и измеряют массу. Процедура считается завершенной, если разница между двумя взвешиваниями не превышает 0,1 г.

Количество сырой клейковины выражают в процентах от исходной массы навески муки. В зависимости от полученного результата содержание клейковины классифицируют как: высокое (свыше 30,0%), среднее (26,0...29,9%), ниже среднего (20,0...25,9%) и низкое (менее 20,0%).

Результаты анализа заносят в табл. 12.

12. Количество и качество сырой клейковины

Наименование показателя	Характеристика показателя		
	Образец 1	Образец 2	Образец <i>N</i>
Количество сырой клейковины, %			
Цвет			
Растяжимость			
Эластичность			

5. Определение качества сырой клейковины. Методика измерения растяжимости клейковины предусматривает предварительное выдерживание образца массой 4 г в воде при температуре 18...20 °С в течение 15 мин. После удаления избыточной влаги образец вручную растягивают над линейкой с постоянной скоростью в течение 10 с до разрыва, фиксируя длину растяжения. В зависимости от полученных результатов клейковину классифицируют на три группы: с короткой (до 10 см), средней (10...20 см) и длинной (свыше 20 см) растяжимостью.

Для объективной оценки эластичности и упругих свойств клейковины применяют анализатор текстуры Brookfield СТЗ (рис. 14, 15).

Исследование начинают с установки сферического индикатора диаметром 12,7 мм (рис. 15, *a*) в держатель прибора, закручивая его против часовой стрелки. Подготовленный образец клейковины фиксируют на испытательном столике с помощью зажима (рис. 15, *б*), выдерживая начальное расстояние 15...20 мм между поверхностью образца и измерительным наконечником.

Процесс измерения полностью автоматизирован и управляется через специальное программное обеспечение Texture PRO СТ, позволяющее задать все необходимые параметры испытания: геометрические размеры образца, скорость и глубину внедрения индикатора, пороговые значения силы и другие параметры. В ходе исследования система фиксирует зависимость деформирующего усилия от глубины проникновения индикатора, выводя экспериментальные данные в табличном виде или отображая характерные точки на кривой деформации (рис. 16): зону упругой деформации, плато пластического течения и точку разрушения структуры. В фазе обратного хода индикатора регистрируются адгезионные силы, препятствующие извлечению наконечника из материала. В определенный момент (отрицательный пик силы) разрывные усилия превышают величину адгезионных сил, происходит отрыв индентора от поверхности образца.

Для обеспечения достоверности результатов проводят три параллельных измерения, окончательный результат вычисляют как среднее арифметическое полученных значения. Погрешность измерения составляет $\pm 1\%$ от диапазона измерения.

Результаты анализа заносят в табл. 12.

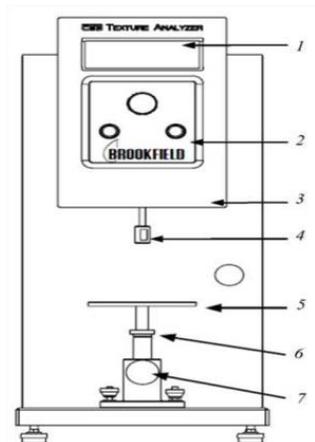


Рис. 14. Текстурный анализатор:

1 – дисплей; 2 – панель управления; 3 – измерительная головка;
 4 – крепление инденторов; 5 – поворотный столик;
 6, 7 – регулятор и фиксатор высоты столика

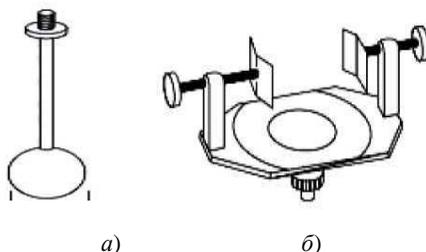


Рис. 15. Сферический индентор (а) и зажим (б)



Рис. 16. Деформационные кривые

Вопросы для проверки

1. Какие основные зерновые культуры используются для производства муки и в каких отраслях промышленности она применяется?
2. Какие факторы детерминируют химический состав и технологические свойства муки?
3. Какие показатели качества устанавливают для пшеничной муки на мукомольных заводах?
4. Какие факторы влияют на цвет муки и как они связаны с цветом хлебного мякиша?
5. В чем заключается принцип метода седиментационного осадка для оценки хлебопекарных свойств муки?
6. Какую роль играют белки пшеничной муки в формировании теста? Какой категории соответствует пшеничная мука с содержанием сырой клейковины 20%?
7. Как микробиологический состав муки зависит от ее сорта?

Лабораторная работа № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ

Цель работы: освоение методов определения качества прессованных и сухих хлебопекарных дрожжей.

Материалы и приборы: образцы прессованных и сушеных дрожжей, мука, соль поваренная пищевая, водопроводная вода, дистиллированная вода, 0,1 н. раствор едкого натра, спиртовой раствор фенолфталеина, технические весы, сушильный шкаф, весы аналитические, термостат, термометр, эксикатор, шпатель, нож, тигельные щипцы, фарфоровые ступки, бюксы, стаканы на 250 мл, колба для титрования коническая объемом 250 мл, бюретка, часы.

Теоретические предпосылки

Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, применяемые в хлебопекарной промышленности, представляют собой чистую культуру аскомицетовых (сумчатых) грибов, относящихся к классу *Hemiascomycetes*, семейства *Saccharomycetaceae*. Эти микроорганизмы осуществляют биохимическую трансформацию углеводов муки, в результате чего выделяются диоксид углерода, этанол и другие метаболиты, обеспечивающие разрыхление теста, формирование органолептических свойств и характерной пористой структуры готовых изделий. Морфологические характеристики:

- размер клеток 5...14 мкм;
- форма: полиморфная (округлая, овальная, яйцевидная или удлинённая);
- структура: клеточная оболочка, протоплазма, вакуоль, ядро, включения жира, гликогена и валютина.

Химический состав дрожжевых клеток:

- белки (37...67% от массы сухих веществ);
- углеводы (до 30% от массы сухого вещества): гликоген, маннан, трегалоза;
- липиды (1,5...2,5% от массы сухих веществ): триглицериды, фосфолипиды, стеролы и эргостерол;
- минеральные вещества (6...10% от массы сухих веществ): фосфор, калий, сера, магний, железо и кобальт;
- витамины: тиамин, рибофлавин, никотиновая кислота и др.

Особое значение имеют ферменты дрожжей, способствующие протеканию всех жизненных процессов (дыхание, размножение, построение органов клетки) и обеспечивающие процессы брожения: протеазы (ускоряют расщепление белков), дегидрогеназы, β -фруктофуранозидаза, зимаза (сбраживание сахаров), фосфатазы, мальтаза (расщепление дисахарида мальтозы), инвертаза (расщепление дисахарида сахарозы) и др. Эти биохимические процессы могут протекать как в аэробных (дрожжевые клетки разлагают сахар с образованием воды и углекислого газа, при этом интенсивно размножаясь), так и в анаэробных (ферменты дрожжей вызывают сложный многоступенчатый процесс спиртового брожения сахара, в результате которого образуется углекислый газ и этиловый (винный) спирт) условиях.

Для поддержания метаболической активности дрожжевых клеток требуются следующие условия: питательная среда, которая должна содержать: сахар, азотистые соединения, минеральные компоненты, витаминные комплексы; физико-химические параметры: рН 4,5...5,0 (слабокислая среда); температурный режим: 26...28 °С (благоприятная для размножения) 30...35 °С (благоприятная для спиртового брожения). При этом повышение температуры выше 55...60 °С в жидкой среде приводит к гибели дрожжевых клеток, снижение ниже 25 °С ингибирует метаболические процессы, а ниже 5 °С переводит их в состояние анабиоза.

В хлебопекарном производстве применяют прессованные дрожжи, а также дрожжевое молоко (полуфабрикат дрожжевого производства) и сушеные. Оценка их качества включает определение:

- органолептических показателей (*цвет, запах, консистенция и вкус*);
- физико-химических показателей: *влажности*, характеризующей стойкость дрожжей при хранении; *подъемной силы*, характеризующей способность сбраживать глюкозу, фруктозу и сахарозу; *осмоустойчивости*, характеризующей способность дрожжевых клеток не снижать бродильную активность в среде с повышенным осмотическим давлением; *кислотности* 100 г дрожжей на день выработки и через 12 сут хранения, характеризующей зараженность дрожжей кислотообразующими бактериями; *стойкости*, характеризующей активность протеолитических ферментов дрожжей и пригодность дрожжей к хранению; *содержания общего азота и фосфора*; *содержания в прессованных дрожжах глутатиона, мальтазной и зимазной активности*;

– показателей безопасности (содержание радионуклидов и солей тяжелых металлов), включая микробиологические (установление присутствия бактерий группы кишечной палочки, бактерий рода *Salmonella*, а также *Staphylococcus aureus*).

Прессованные дрожжи (8...12 млрд клеток/г) представляют собой скопление дрожжевых клеток, выделенных из культуральной среды и спрессованных в брикеты. Срок годности 12 сут.

Стандартные показатели качества прессованных дрожжей включают следующие характеристики: равномерную светло-серую или светло-желтоватую окраску, плотную однородную структуру, которая при механическом воздействии должна разрушаться с образованием отдельных фрагментов без пластической деформации (не мазаться). По физико-химическим параметрам прессованные дрожжи должны соответствовать следующим требованиям: влажность – не более 75%, подъемная сила – не более 76 мин; стойкость – не менее 48...60 ч; кислотность 100 г дрожжей в день выпуска – не более 120 мг, а после 12 сут хранения или транспортировке при температуре от 0 до 4 °С – не более 360 мг уксусной кислоты.

Сушеные дрожжи (активные и инстантные) получают путем обезвоживания прессованных в виде сыпучей массы светло-желтого или светло-коричневого цвета, разнообразной по форме (вермишель, гранулы, мелкие зерна, кусочки) и размеру с влажностью 7,5...8,0% (влага, химически связана с белками клеток). Запах – специфический, дрожжевой. Для получения сушеных дрожжей допускается использование эмульгаторов, антиокислителей и улучшителей качества, разрешенных к применению в пищевой промышленности. Подъемная сила сушеных дрожжей должна быть не более 70 мин для высшего сорта и 90 мин для 1-го сорта.

Активные сушеные хлебопекарные дрожжи требуют активации в теплой воде или молоке. Инстантные (быстродействующие) дрожжи вносят в муку без предварительной подготовки.

Дрожжевое молоко – жидкая суспензия беловато-сероватого цвета с желтоватым оттенком (концентрация дрожжей 600...700 г/л по влажной массе дрожжей), получаемая при сепарировании культуральной среды после размножения в ней дрожжей. При отстаивании слой дрожжевых клеток в ней оседает. Дрожжевые клетки в полуфабрикате более активны по сравнению с прессованными дрожжами, но дрожжевое молоко не подлежит длительному хранению.

Техника определения

1. Органолептическая оценка качества дрожжей. Основные требования к органолептическим показателям прессованных и сушеных дрожжей представлены в табл. 13. Визуальная оценка проводится при рассеянном дневном освещении или при люминесцентном. Определение аромата и вкуса осуществляется при температуре 20 °С.

13. Органолептические показатели качества дрожжей

Наименование показателя	Характеристика показателя	
	Прессованные дрожжи	Сушеные дрожжи
Цвет	Равномерный, без пятен, светло-серый или светло-желтоватый	Светло-желтый или светло-коричневый цвет
Запах и вкус	Характерный, дрожжевой, слегка напоминающий фруктовый; не допускаются плесневый или другой посторонний	
Консистенция/форма	Плотная, однородная, при разломе легко крошится, но не мажется	Сыпучая масса с частицами в форме вермишели или гранул, или мелких зерен, или кусочков, допускается содержание до 10% пылевидных частиц

14. Органолептическая оценка качества дрожжей

Наименование показателя	Характеристика показателя	
	Прессованные дрожжи	Сушеные дрожжи
Цвет		
Запах		
Вкус		
Консистенция/форма		

Результаты анализа заносят в табл. 14.

2. Определение массовой доли влаги в дрожжах. Определение *влажности* дрожжей осуществляется методом высушивания до постоянной массы. На начальном этапе подготовленные бюксы подвергают высушиванию в сушильном шкафу при температуре 105 °С до стабилизации их массы. Для исследования отбирают пробу прессованных дрожжей массой не менее 10 г, которую тщательно измельчают. Из подготовленного образца отбирают две навески по 1,5 г, которые помещают в подготовленные бюксы. Процесс высушивания проводят при температуре 105 °С с открытыми крышками. Контроль массы осуществляется через 4 ч после начала высушивания, с последующими измерениями через каждый час. Перед каждым взвешиванием бюксы герметично закрывают и выдерживают в эксикаторе для термостабилизации 20...120 мин. Критерием завершения процесса высушивания служит стабилизация массы, когда разница между последовательными измерениями не превышает 1 мг. Влажность дрожжей вычисляют по формуле

$$W = \frac{(a - a_1)}{(a - a_2)} \cdot 100\% , \quad (17)$$

где a – масса навески с бюксом до высушивания, г; a_1 – масса навески с бюксом после высушивания, г; a_2 – масса пустого сухого бюкса, г.

Результаты анализа заносят в табл. 15.

3. Определение кислотности дрожжей. Для проведения анализа отмеряют навеску массой 10 г, которую помещают в сухую коническую колбу. К пробе добавляют 50 мл дистиллированной воды и тщательно перемешивают, интенсивно встряхивая до полной однородности. Полученную суспензию титруют 0,1 н. раствором гидроксида натрия, предварительно добавив 3–4 капли 1%-ного спиртового раствора фенолфталеина в качестве индикатора. Титрование проводят до момента появления светло-розового окрашивания, которое должно сохраниться не менее одной минуты. Окончательный результат рассчитывают с округлением до целого числа. Кислотность дрожжей в пересчете на уксусную кислоту на 100 г дрожжей рассчитывают по формуле

$$X = \frac{6V \cdot 100k}{10}, \quad (18)$$

где V – количество 0,1 н. раствора щелочи, пошедшее на титрование 10 г прессованных дрожжей, мл; b – масса уксусной кислоты, соответствующая 1 см³ 0,1 н. раствора гидроксида натрия, мг; k – поправочный коэффициент к титру 0,1 н. раствора гидроксида натрия.

Результаты анализа заносят в табл. 15.

4. Определение осмоустойчивости дрожжей. Осмоустойчивость дрожжей отражает их способность сохранять ферментативную активность в условиях повышенного осмотического давления. Для ее оценки применяют метод, основанный на сравнении подъемной силы теста, приготовленного с добавлением соли и без нее. Разница во времени всплывания тестовых шариков в этих условиях служит мерой осмоустойчивости.

Методика проведения анализа включает несколько этапов. Сначала отбирают пробу дрожжей массой 0,31 г. Подготовленную навеску помещают в фарфоровую чашку, куда добавляют 4,8 мл подогретого до 35 °С солевого раствора концентрацией 3,35% и перемешивают до получения однородной массы с помощью шпателя. Затем в смесь вносят 7,0 г пшеничной муки и вымешивают до образования пластичного теста, из которого формуют шарик. Тестовый образец опускают в стакан с водой температурой 35 °С и помещают в термостат (температура 35 °С). При этом фиксируют начальный момент времени (погружения) и времени всплытия шарика. В процессе брожения теста происходит выделение газообразных продуктов, что приводит к уменьшению плотности образца. Когда значение плотности становится меньше единицы, шарик всплывает на поверхность жидкости. Параллельно готовят второй образец, заменяя солевой раствор на 4,8 мл водопроводной воды. Разница во времени всплытия двух образцов, выраженная в минутах, характеризует осмоустойчивость дрожжей. Чем меньше эта разница, тем

выше их устойчивость к осмотическому стрессу. Дрожжи считаются осмоустойчивыми, если разница не превышает 10 мин, а разница более 20 мин указывает на их высокую чувствительность к осмотическому давлению. Оптимальными для хранения и сушки признаются дрожжи с осмоустойчивостью в диапазоне 10...15 мин.

Результаты анализа заносят в табл. 15.

5. Определение подъемной силы дрожжей ускоренным методом. Технология приготовления шарика теста аналогична описанной методике определения осмоустойчивости, но с использованием солевого раствора концентрацией 2,5%. В этом случае промежуток времени от момента погружения шарика теста до его всплытия служит характеристикой подъемной силы дрожжей. Для приведения полученных результатов к стандартным значениям полученное время умножают на переводной коэффициент 3,5.

Качественные показатели дрожжевой культуры оценивают по продолжительности подъемного периода: оптимальным считается диапазон 8...20 мин, если процесс занимает более 24 мин, дрожжи признаются неудовлетворительного качества.

Результаты анализа заносят в табл. 15.

15. Физико-химические показатели качества дрожжей

Наименование показателя	Характеристика показателя	
	Образец 1	Образец N
Влажность, %		
Кислотность муки, град		
Скорость всплывания шарика теста, мин		
Осмоустойчивость, мин		

Вопросы для проверки

1. Какова роль дрожжей в приготовлении теста?
2. Какие условия необходимы для поддержания метаболической активности дрожжевых клеток?
3. Какие виды дрожжевых продуктов применяют в хлебопечении?
4. Каким способом можно измерить содержание влаги в дрожжах?
5. О чем может свидетельствовать увеличение кислотности дрожжевой культуры?
6. Каким методом оценивают способность дрожжевых клеток поднимать тесто?
7. Как дрожжи реагируют на повышенное осмотическое давление?

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТЕСТА ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ НА СВОЙСТВА ТЕСТОВЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Цель работы: приобретение навыков приготовления теста различными способами, освоение методов анализа тестовых полуфабрикатов.

Материалы и приборы: образцы пшеничной муки, дрожжи прессованные, соль, вода, вода дистиллированная, 0,1 н. раствор едкого натра, раствор фенолфталеина, эксикатор, прибор ПИВИ, технические весы, рН-метр, камера Горяева, технический термометр, пробник для отбора средней пробы жидкостей, шпатель, фарфоровая ступка, предметное стекло, петля, термостат, тестомесильная лабораторная машина.

Теоретические предпосылки

Процесс приготовления теста занимает ключевое место в производстве хлебобулочных изделий, определяя как ход технологического процесса, так и качественные характеристики готовой продукции. Это делает особенно важным выбор рационального способа приготовления теста.

На современных хлебопекарных предприятиях применяют различные методы приготовления теста, подбираемые с учетом вида изделия, сорта муки и используемого оборудования. Для разрыхления теста используют хлебопекарные дрожжи (прессованные, сушеные, дрожжевое молоко).

Для приготовления хлебобулочных изделий из пшеничной муки используют многофазные (опарные и на специальных полуфабрикатах) и однофазные (безопарный и ускоренный) способы. Опарные способы основаны на двухэтапном приготовлении (опара и тесто) и классифицируются по соотношению муки и воды: большая густая опара (65...70% муки), густая опара (45...55% муки), жидкая опара (30% муки) и большая жидкая опара (все количество воды, кроме той, которая расходуется на приготовление растворов). Продолжительность брожения составляет 3,0...4,5 ч для опары и 1,0...1,5 ч – для теста. При использовании сортовой муки проводят одну или две обминки (кратковременный повторный прмес).

Многофазные способы приготовления теста также включают использование специальных полуфабрикатов: заквасок направленного культивирования микроорганизмов, жидкой диспергированной фазы, сухих композитных смесей и полуфабрикатов из цельного зерна. Молочные закваски получают путем сбраживания питательных смесей (осахаренной заварки, водно-мучной суспензии) различными видами бактерий и дрожжей. Их применение позволяет ускорить процесс брожения теста и улучшает качество готовых изделий.

Безопарная технология основана на одноэтапном приготовлении теста из всего количества сырья по рецептуре с последующим брожением в течение

ние 3...4 ч. Расход прессованных дрожжей при замесе теста составляет 2,0...2,5% к массе муки. Продолжительность замеса не менее 10 мин.

Ускоренные методы, также относящиеся к однофазному способу приготовления теста, сокращают время брожения за счет интенсификации микробиологических, коллоидных и биохимических процессов в результате добавления молочной сыворотки, органических кислот или комплексных улучшителей, применения интенсивного замеса теста и увеличения до 3...4% к массе муки количества прессованных дрожжей.

Формирование теста во время замеса происходит в результате комплекса взаимосвязанных процессов, среди которых ключевую роль играют: физико-механические, коллоидные и биохимические (рис. 17). Все эти процессы протекают одновременно и зависят от: продолжительности замеса, температуры, качества и количества используемого сырья.



Рис. 17. Схема процессов, протекающих в тесте при замесе

После замеса следует стадия брожения, основная цель которой – приведение теста в состояние, при котором оно по газообразующей способности и реологическим свойствам, накоплению вкусовых и ароматических веществ будет оптимальным для последующих стадий технологического процесса и получения качественного продукта. Указанные свойства формируются благодаря сложным микробиологическим, коллоидным и биохимическим процессам (рис. 18).

Продолжительность брожения составляет 120...240 мин (60...90 мин при ускоренном способе) при температуре 28...32 °С. Процесс брожения предусматривает две последовательной обминки через 60 и 120 мин после замеса.

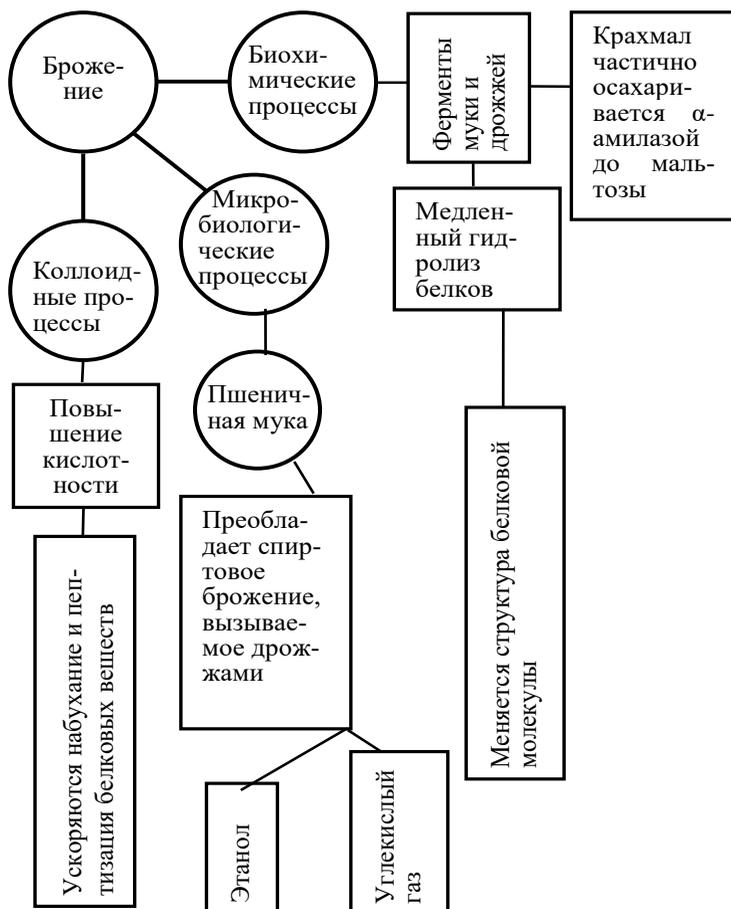


Рис. 18. Схема процессов, протекающих в тесте при брожении

Готовность теста определяют главным образом по титруемой кислотности с учетом реологических свойств, оцениваемых органолептически:

- увеличение объема теста в 1,5–2 раза;
- образование выпуклой поверхности;
- появление характерного аромата;
- медленное выравнивание следов от надавливания.

Уровень кислотности полуфабрикатов является одним из основных критериев оценки их качества. Динамика изменения показателя кислотности позволяет анализировать ход процесса, включая соблюдение температурного режима и длительности брожения. Состав и количество кислот теста влияют на состояние белковых веществ, активность ферментов, жизнедеятельность бродильной микрофлоры, вкус, аромат и конечную кислотность готового продукта. В тесте из пшеничной муки преобладает молочная кислота (около 70% от общего содержания органических кислот), содержится также муравьиная, пропионовая и уксусная кислоты. Нормы конечной кислотности теста из пшеничной муки: высший и первый сорт – 3,0...3,5; второй сорт – 3,5...4,5. Оптимальная кислотность теста должна быть на 0,5 ниже, чем у мякиша готового изделия.

Недостаточное брожение приводит к получению теста с низким объемом, повышенной липкостью, отсутствием равномерной сетчатой структуры, слабовыраженным спиртовым запахом. Хлеб из такого теста получается плотным, с сыропеклым мякишем и неравномерной толстостенной пористостью.

Признаки перебродившего теста: повышенная кислотность, бледная корка у готовых изделий, кислый вкус и разрывы в мякише.

Для контроля качества тестовых полуфабрикатов проводят также микробиологический анализ, оценивая количество и активность дрожжей, молочнокислых бактерий, а также наличие посторонней микрофлоры.

Техника определения

Процесс приготовления теста начинается с расчета необходимого количества сырья (муки, воды, соли и дрожжей) и температуры воды, определения влажности муки.

1. Безопарный способ приготовления теста. При безопарном способе производства теста из пшеничной муки используют стандартную рецептуру, представленную в табл. 16.

16. Рецептура приготовления теста безопарным способом

Сырье	Количество
Мука пшеничная, г	100
Дрожжи прессованные, г	2,5
Соль, г	1,5
Вода	По расчету

Количество вносимой при замесе теста воды G_B (в мл) определяют по формуле

$$G_B = G_c \frac{W_T - W_c}{100 - W_T}, \quad (19)$$

где G_c – суммарная масса сырья, расходуемого на приготовление теста (без воды), г; W_T – влажность теста, % (43,5% для муки высшего сорта; 44,5% для муки первого сорта и 45,5% для муки второго сорта); W_c – средневзвешенная влажность сырья, %.

$$W_c = \frac{G_M W_M + G_{сл} W_{сл} + G_D W_D}{G_c}, \quad (20)$$

где G_M , $G_{сл}$, G_D – количество муки, соли, дрожжей, расходуемое на приготовление теста, г; W_M , $W_{сл}$; W_D – влажность муки, соли, дрожжей, %.

Температуру воды рассчитывают по формуле

$$t_B = \frac{t_T + (c_M G_M (t_T - t_M))}{c_B G_B + K}, \quad (21)$$

где t_T , t_M – температура теста и муки соответственно, °С; $c_M = 1,257$ кДж/кг – теплоемкость муки; $c_B = 4,19$ кДж/кг – теплоемкость воды; G_M , G_B – количество муки и воды соответственно; K – поправочный коэффициент: летом – 0...1, весна–осень – 2, зима – 3.

Для приготовления теста все сырье, предусмотренное рецептурой, вносят в емкость тестомесильной лабораторной машины, заливают всю воду и замешивают тесто до получения однородной массы не более 10 мин. Брожение теста осуществляется в емкости в течение 150 мин с двумя обминками через каждые 60 мин после начала брожения. Температура теста после замеса должна быть 32 °С.

2. Опарный способ приготовления теста. Опарный способ приготовления теста включает две последовательные стадии: приготовление опары и замес теста.

Вариант 1. Технология приготовления теста на густой опаре. Опару и тесто из пшеничной муки высшего или I сорта готовят по рецептуре, приведенной в табл. 17.

Опару готовят из муки, воды и дрожжевой суспензии. После замеса ее температура должна быть 28...30 °С. Общее количество воды, необходимое для замеса теста, рассчитывают по формуле (19). Температуру воды для замеса опары рассчитывают по формуле (21). После тщательного замеса на лабораторной тестомесильной машине полуфабрикат помещают в термостат (температура 30 °С, повышенная влажность) на 3,0...3,5 ч.

Теплоемкость опары c_o вычисляют по формуле

$$c_o = \frac{c_o G_{M.O} + c_B G_{B.O}}{G_o}, \quad (22)$$

где $G_{\text{м.о}}$ – количество муки в опаре, г; $G_{\text{в.о}}$ – количество воды, вносимое при замесе опары, г.; $G_{\text{о}}$ – количество опары, г.

В выбраженную опару добавляют раствор соли, оставшееся количество муки и воды, после чего замешивают однородное тесто и оставляют для брожения на 90 мин при температуре 30...32 °С. Через 60 мин после начала брожения проводят обминку теста.

17. Рецептuru приготовления теста на густой опаре

Сырье	Количество		Всего
	Опара	Тесто	
Мука пшеничная, г	50	50	100
Дрожжи прессованные, г	1	–	1
Соль, г	–	1,5	1,5
Вода	70% общего количества по расчету	30% общего количества по расчету	По расчету

Вариант 2. Технология приготовления теста на жидкой опаре с сокращением периода его брожения. Особенностью данного способа является приготовление тестового полуфабриката (опары) влажностью 65% и интенсификация процесса замеса теста (с учетом сорта и качества муки) с сокращением времени его брожения.

Опару готовят из муки, воды и дрожжевой суспензии. После тщательного замеса на лабораторной тестомесильной машине полуфабрикат помещают в термостат (температура 30...37 °С, повышенная влажность) на 3,5 ч. Выбраженная опара должна иметь титруемую кислотность 4,5...5,0 град.

Далее в опару вносят раствор соли, оставшееся количество муки и воды и интенсивно вымешивают в течение 15...30 мин. Затем оставляют его для брожения в течение 15...30 мин до достижения им кислотности, не превышающей 4,0 град.

Опару и тесто готовят по рецептуре, приведенной в табл. 18.

18. Рецептuru приготовления теста на жидкой опаре

Сырье	Количество		Всего
	Опара	Тесто	
Мука пшеничная, г	30	70	100
Дрожжи прессованные, г	1	–	1
Соль, г	–	1,3	1,3
Вода	По расчету		

3. Определение свойств тестовых полуфабрикатов. Для оценки состояния опары и теста проводят органолептический анализ, измеряют температуру, кислотность, реологические и другие параметры.

Отбор проб: для густых полуфабрикатов пробу берут шпателем на глубине 8...10 см, а для жидких – из середины сосуда. Результаты оценки качества полуфабрикатов заносят в сводную табл. 19.

Органолептическая оценка качества. Органолептическая оценка качества полуфабрикатов (опары и теста) учитывает состояние поверхности (выпуклая, плоская, осевшая, заветренная, в мелкой сеточке и т.д.), степень подъема и разрыхленности, консистенцию (слабая, крепкая, нормальная) и промес. Оценивается уровень сухости тестовых полуфабрикатов (влажный, сухой, мажущийся, липкий, слизистый), вкус, цвет и запах.

Густая опара считается готовой, если ее поверхность начинает опадать. При правильном брожении тесто имеет выпуклую поверхность, сетчатую структуру и хорошую разрыхленность, которая визуализируется при механическом растягивании. Характерным признаком нормального процесса брожения является также выраженный спиртовой аромат. Наличие на поверхности полуфабрикатов капель влаги свидетельствует о дефекте.

Контроль температуры тестовых полуфабрикатов. После завершения процесса замеса тестовых полуфабрикатов и в конце брожения осуществляют контроль температуры с использованием технического термометра со шкалой от 0 до 100 °С. Технология измерения предусматривает: погружение измерительного прибора на глубину 15...20 см и его выдержку в течение 2...3 мин.

Определение влажности. Определение влажности тестовых полуфабрикатов производят ускоренным методом с использованием прибора ПИВИ при температуре 170 °С. Для этого навеску полуфабриката с массовой долей влаги выше 20% берут массой 5 г, ниже 20% – 4 г, распределяя ее равномерно по всей поверхности предварительно просушенного и взвешенного пакетика. Пакетик помещают в прибор и обезвоживают: полуфабрикаты с массовой долей влаги до 55% – в течение 5 мин, выше 55% – 7 мин (в первую минуту верхнюю плиту прибора держат открытой). Высушенный пакетик охлаждают в течение 1...2 мин в эксикаторе, после чего взвешивают для определения влажности W_{II} по формуле

$$W_{II} = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100\%, \quad (23)$$

где m_1 , m_2 – масса конверта с навеской до и после высушивания; m – масса навески.

Запись в лабораторном журнале:

Масса навески m , г

Масса конверта с навеской до высушивания m_1 , г

Масса конверта с навеской после высушивания m_2 , г

Определение титруемой кислотности полуфабрикатов. Для проведения анализа взвешивают 5 г тестового полуфабриката, используя технические весы. Пробу помещают в фарфоровую ступку, добавляют 50 мл дистиллированной воды и тщательно растирают до образования однородной суспензии. В смесь вносят 5 капель 1%-ного спиртового раствора фенолфталеина, который выступает в роли индикатора. Проводят титрование, постепенно добавляя 0,1 н. раствор гидроксида натрия до появления устойчивого розового окрашивания, сохраняющегося не менее минуты. Расхождение между параллельными титрованиями должны быть не более 0,2 град.

Кислотность $K_{\text{п}}$ определяют по формуле

$$K_{\text{п}} = \frac{V \cdot 100}{m_{\text{п}} \cdot 10}, \quad \dots\dots\dots(24)$$

где V – объем раствора гидроксида натрия концентрацией 0,1 моль/дм³, см³;

$m_{\text{п}}$ – масса навески полуфабриката, г; $\frac{1}{10}$ – коэффициент пересчета

концентрации раствора гидроксида натрия 0,1 моль/дм³ на концентрацию 1 моль/дм³; 100 – коэффициент пересчета на 100 г продукта.

Определение рН теста. Для контроля кислотности теста в ходе брожения используют рН-метр, электроды которого непосредственно помещают в тестовую массу. Емкость с тестом и измерительным прибором устанавливают в термостат. В течение всего процесса брожения с интервалом в 15 мин фиксируют показания рН, записывая данные в лабораторный журнал. Для установления взаимосвязи между активной и титруемой кислотностью проводят параллельные измерения обоих показателей. Полученные результаты (не менее 40 парных значений) подвергают статистической обработке с использованием вычислительной техники.

Определение количества дрожжевых клеток. Количественный анализ дрожжевых клеток выполняют следующим образом: пробу полуфабриката массой 1 г помещают в пробирку с 9 мл воды, тщательно встряхивают и оставляют для отстаивания на 10...15 мин. Из образовавшейся суспензии готовят препарат «раздавленная капля». В ходе его анализа определяют общую численность дрожжевых клеток, долю почкующихся форм. Подсчет производят с использованием камеры Горяева. Количество дрожжевых клеток должно составлять (90...120)·10⁶ в 1 мл суспензии.

19. Сводная таблица результатов анализов

Номер образца	Органолептические показатели					Влажность, %	Кислотность, град	pH	Количество дрожжевых клеток
	Состояние поверхности	Консистенция	Вкус	Цвет	Запах				
Образец 1									
Образец N									

Вопросы для проверки

1. В чем заключаются основные различия между опарным и безопарным способами приготовления теста?
2. Какие специальные полуфабрикаты используются в многофазных способах приготовления теста?
3. Какие процессы происходят в тесте во время замеса и от каких факторов они зависят?
4. Какие дефекты могут возникнуть при недостаточном или избыточном брожении теста?
5. Опишите последовательность действий при определении влажности тестовых полуфабрикатов.
6. Опишите методику определения кислотности тестовых полуфабрикатов.

Лабораторная работа № 9

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Цель работы: освоение технологии производства хлебобулочных изделий и методов анализа качества готового продукта.

Материалы и приборы: образцы пшеничной муки, дрожжи хлебопекарные прессованные, соль, вода, дистиллированная вода, масло растительное, раствор фенолфталеина, 0,1 н. раствор гидроксида натрия, мукопросеиватель, расстойно-печной агрегат, хлебопекарные формы, технические весы с разновесами, тестомесильная машина, тестоокруглитель, формовочная машина, емкость для брожения, пробник Журавлева, сушильный шкаф марки СЭШ, бюксы, эксикатор, мерная колба объемом 250 мл, конические колбы, пипетка, бюретка, рукавицы, полотенце, емкости для растительного масла и воды, лотки для хлеба, часы.

Теоретические предпосылки

Хлебопекарная промышленность производит широкий ассортимент продукции, которая классифицируется на несколько основных групп: хлеб, булочные изделия, мелкоштучные булочные изделия, сдобные хлебобулочные изделия, хлебобулочные изделия пониженной влажности, диетические хлебобулочные изделия, национальные виды хлебобулочных изделий.

Технологический процесс производства хлебобулочных изделий состоит из последовательных этапов, соблюдение которых обеспечивает получение продукции высокого качества (рис. 19). Одним из ключевых элементов производства является *рецептура*, представляющая собой точное соотношение различных видов сырья, используемого для приготовления конкретного вида хлебобулочного изделия. Для каждого вида продукции, выпускаемого в соответствии с государственными стандартами, разработаны утвержденные рецептуры, где указаны сорт муки и нормы расхода ингредиентов (в кг на 100 кг муки). После разработки производственной рецептуры и технологических режимов их проверяют пробными лабораторными выпечками. При этом допускается корректировка количества дрожжей в зависимости от их активности, а также замена на дрожжевое молоко или сухие.



Рис. 19. Этапы приготовления хлебобулочных изделий

Наиболее продолжительной стадией технологического процесса производства хлебобулочных изделий является приготовление теста, включающее дозирование сырья, замес тестовых полуфабрикатов, их брожение и обминку. Далее следует разделка теста, целью которой является формирование заготовок заданной массы и формы с оптимальными органолептическими и реологическими свойствами для последующей выпечки. Эта стадия включает в себя деление теста на куски заданной массы (масса заготовки должна превышать вес готового изделия на 10...15%), округление кусков, предварительную и окончательную расстойку тестовых заготовок и формовку.

Округление тестовых заготовок способствует созданию однородной структуры, равномерному распределению и частичному удалению диоксида углерода. Механическое воздействие на тесто в процессе деления, округления и формирования приводит к возникновению внутренних напряжений и частичному разрушению клейковинного каркаса. В ходе расстойки эти напряжения снимаются (явление релаксации), а структура теста частично восстанавливается (явление тиксотропии). Расстойка может быть одноэтапной (окончательная) или двухэтапной (предварительная и окончательная). Пред-

варительная расстойка проводится при комнатной температуре, а окончательная – при температуре 35...40 °С и влажности воздуха 75...85%.

Расстоявшиеся тестовые заготовки направляют в хлебопекарные печи на выпечку, в ходе которой происходит их прогрев, образование корки и мякиша; формирование вкуса и аромата, увеличение объема и уменьшение их массы. Этот процесс сопровождается сложными теплофизическими, микробиологическими, биохимическими и коллоидными процессами, протекающими одновременно, послыдно: начиная с поверхности тестовой заготовки, а потом во внутренних слоях (рис. 20).

Выпечка для большинства хлебобулочных изделий осуществляется в три этапа: зона увлажнения (2...5 мин, температура 120...160 °С, влажность 65...80%), зона высокой температуры (270...290 °С, без увлажнения) и зона пониженной температуры (180...220 °С). В первой зоне тестовая заготовка прогревается, во второй зоне – интенсивно увеличивается в объеме, происходит формирование мякиша и корки, а в третьей зоне осуществляется основная часть выпечки и завершаются все процессы.



Рис. 20. Процессы, проходящие в мякише и на поверхности тестовой заготовки при выпечке

Готовность хлеба определяют по цвету корки (светло-коричневая), состоянию мякиша (сухой и эластичный), относительной массе (масса пропеченного изделия меньше, чем масса неготового изделия, вследствие разницы в упеке) и температуре в центре мякиша (96...97 °С). Важным показателем является упек – уменьшение массы изделия при выпечке (6...14%), обусловленное испарением влаги и улетучиванием продуктов брожения.

После выпечки хлеб направляется в остывочное отделение (18...35 °С), где он начинает остывать, теряя массу за счет усушки. Этот процесс наиболее интенсивен в первые часы из-за разницы температур между коркой и мякишем.

Качество хлебобулочных изделий, не содержащих сахар и жир, оценивают по влажности, кислотности и пористости, которые определяют не ранее чем через 270 мин после выхода изделия из печи и не позднее 48 ч для хлеба из обойных сортов муки, 24 ч – для хлеба из сортовой пшеничной муки и булочных изделий массой более 0,2 кг, 16 ч – для булочных изделий массой до 0,2 кг. Также проводят микробиологический контроль, определяя общее количество микроорганизмов в хлебе и наличие бактерий группы кишечной палочки. Для ржаного и ржано-пшеничного хлеба влажность составляет 45...51%, кислотность – 9...12 град, пористость – 46...53%. Пшеничный хлеб имеет влажность 35...48%, кислотность – 2...6 град, пористость – 55...70%.

На рисунке 21 представлена принципиальная схема лабораторной установки для производства хлебобулочных изделий. Процесс начинается с дозирования муки на товарных весах 1, после чего она поступает в мукопросеиватель 2 для очистки от посторонних примесей и насыщения кислородом. Далее мука, дрожжевая суспензия, раствор соли и вода подаются в тестомесильную машину 4, где осуществляется замес теста.

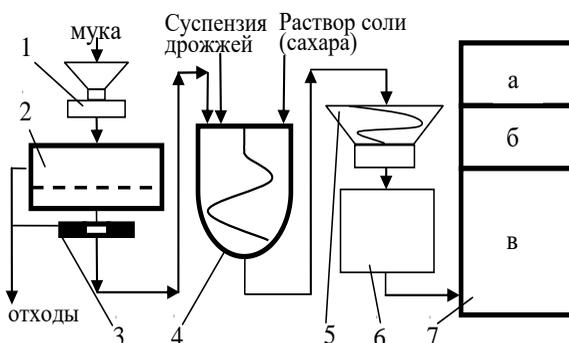


Рис. 21. Принципиальная схема лабораторной установки для производства хлебобулочных изделий:

1 – весы; 2 – мукопросеиватель; 3 – магнит; 4 – тестомесильная машина; 5 – тестоокруглитель; 6 – формовочная машина; 7 – расстойно-печной мини-агрегат

Процесс брожения может происходить либо непосредственно в тестомесильной машине, либо в емкости, помещенной в камеру расстойно-печного агрегата 7, (зона «в»). Выбравшее тесто делят на куски, масса которых должна превышать массу готовых изделий на 10...15%.

Тестовые заготовки округляют в тестоокруглителе 5, укладывают их в формы и направляют на окончательную расстойку в расстойно-печной агрегат 7 (зона «в»). После завершения расстойки тестовые заготовки отправляют на выпечку в расстойно-печной агрегат 7 (зоны «а» или «б»). При производстве булочных изделий перед окончательной расстойкой тестовые заготовки формуют на формовочной машине 6.

Техника определения

1. Изучение технологии производства хлебобулочных изделий.

Производство хлебобулочных изделий начинается с расчета необходимого количества сырья для замеса теста из 6 кг муки в соответствии с заданной рецептурой (табл. 20).

Для определения требуемых параметров используют следующие вычисления:

1. Средневзвешенную влажность сырья рассчитывают по формуле

$$W_c = \frac{G_m W_m + G_{сл} W_{сл} + G_d W_d}{G_c}, \quad (25)$$

где G_m , $G_{сл}$, G_d – количество муки, соли, дрожжей, расходуемое на приготовление теста, г; G_c – суммарная масса сырья, расходуемого на приготовление теста (без воды), г; W_m , $W_{сл}$, W_d – влажность муки, соли, дрожжей, %.

2. Выход теста определяют по формуле

$$G_T = \frac{G_c (100 - W_c)}{100 - W_T}, \quad (26)$$

где W_T – влажность теста, %.

3. Необходимый объем воды вычисляют по формуле

$$B = G_T - G_c, \quad (27)$$

При расчетах учитывают данные лабораторного анализа сырья и тестовых полуфабрикатов. Массу каждого компонента корректируют с учетом его влажности (принять: влажность выварочной соли «Экстра» 0,1%, каменной соли – 0,25%, сахара-песка – 0,02%, маргарина – 16%). Полученные данные заносят в табл. 21.

Отмеренное количество воды распределяют для приготовления 25%-ного раствора соли, дрожевой суспензии (1 часть прессованных дрожжей на 2 – 4 части воды).

20. Рецептуры хлебобулочных изделий ускоренным способом

Вид хлебобулочного изделия	Доля пшеничной муки высшего сорта, %	Доля обойной ржаной муки, %	Доля хлебопекарных дрожжей, %	Доля соли, %	Доля сахар, %	Мargarин столовый с содержанием жира 82%	Влажность теста, %
Пшенично-ржаной простой	70	30	0,05	1,5	–	–	44,0
Пшеничный простой	100	–	1,00	1,5	–	–	46,0
Батон нарезной	100	–	3,00	1,5	4,0	3,5	40,5

21. Результаты расчета количества сырья

Сырье	Сорт, изготовитель	Масса компонента по рецепту, кг/6 кг муки	Масса компонента с учетом влажности, кг
Мука			
Дрожжи хлебопекарные			
Соль пищевая			
Сахар-песок			
Вода			

Следующий этап производства включает в себя подготовку оборудования: тестомесильную машину тщательно промывают теплой водой. Просеянную через мукопросеиватель муку (6 кг) загружают в дежу тестомесильной машины, добавляют солевой раствор и дрожжевую суспензию. Замес продолжают 10...15 мин до получения однородной массы.

Далее тесто перекладывают в емкость для брожения, которое проводят при температуре 30...35 °С. После завершения брожения тесто делят на куски массой 700...720 г, придают им шарообразную форму и помещают в предварительно смазанные растительным маслом формы для окончательной расстойки. Расстойку проводят при температуре 30...35 °С до увеличения тестовых заготовок в 2 раза.

Выпечку осуществляют в пекарной камере, разогретой до температуры 280 °С. Все параметры процесса тщательно фиксируют (табл. 22 и 23). После выпечки проводят контроль качества готовых изделий, рассчитывают потери массы (упек и усушка) и составляют материальный баланс производства.

22. Температура в печной камере в период выпечки

Время выпечки, мин	5	10	15	20	30	40
Температура в печной камере, °С						

23. Изменение массы изделий

№ образца тестовой заготовки	Масса тестовой заготовки, г	Масса горячего изделия, г	Величина упека, %	Масса остывшего готового изделия, г	Величина усушки, %
1					
2					
3					

2. Оценка качества хлебобулочных изделий. Качество готовых хлебобулочных изделий оценивается по комплексу органолептических (внешние параметры: форма изделия и состояние поверхности; структурные особенности мякиша; вкусоароматические свойства) и физико-химических показателей (влажность, кислотность, пористость мякиша). Полученные данные систематизируют в сводной табл. 25.

Органолептическая оценка качества хлебобулочных изделий. При визуальном осмотре обращают внимание на геометрию изделия (гладкая, плоская, вогнутая) и текстуру корки (гладкая, неровная, бугристая, со вздутиями и трещинами или с подрывами). Для оценки внутренней структуры хлеб аккуратно разрезают острым ножом-пилкой сверху вниз на две равные части, анализируя характер пористости: размер пор (мелкие, средние, крупные), равномерность их распределения по всему срезу (равномерная, достаточно равномерная, недостаточно равномерная, неравномерная), а также толщину перегородок между порами (толстостенная, средней толщины, толстостенная).

Структурно-механические свойства мякиша проверяют методом тактильного тестирования – легким нажатием пальца на срез с последующим наблюдением за скоростью восстановления формы. Полное отсутствие остаточной деформации свидетельствует о хорошей эластичности мякиша, частичное восстановление указывает на среднее состояние, а сохранение

вмятины – на плохие структурные характеристики. Дополнительно отмечают цветовую однородность мякиша и возможные дефекты замеса.

При оценке вкусоароматического профиля хлеба проводят дегустацию, в ходе которой определяют вкус изделия (классический хлебный, кислотаватый, пресный или с горчинкой) и фиксируют присутствие посторонних запахов.

Определение пористости хлебобулочных изделий. Пористость хлебного мякиша представляет собой процентное соотношение объема, занимаемого порами мякиша, к общему объему мякиша. Для измерения этого показателя применяют пробник Журавлева.

Перед проведением исследований необходимо проверить геометрические параметры инструмента, используя штангенциркуль для точного измерения внутреннего диаметра цилиндрической части d и расстояния от вертикальной стенки основания до места положения ножа h .

Методика отбора проб включает несколько последовательных операций. Металлическую режущую кромку цилиндра предварительно смазывают растительным маслом, после чего аккуратными вращательными движениями производят забор образцов из центральной части изделия, отступив не менее 1 см от корки. Заполненный цилиндр помещают на деревянное основание, совмещая его край с прорезью. С помощью деревянного толкателя образец частично извлекают, обрезая первый слой (около 1 см), а оставшуюся часть полностью выталкивают до стенки лотка, обрезая его у края цилиндра, и используют для дальнейшего анализа.

Количество необходимых проб зависит от вида хлебобулочного изделия: для хлеба из пшеничной муки достаточно 3 выемки, для хлеба из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки – 4. При анализе мелкоштучных хлебобулочных изделий допускается взятие проб из нескольких изделий. Общий объем отобранных образцов рассчитывают умножением объема пробника на количества выемок. Плотность беспористой массы мякиша определяют по справочным данным (табл. 24). А при отсутствии точного совпадения используют показатели для наиболее близкого по составу сорта муки.

24. Плотность беспористой массы мякиша

Хлеб и булочные изделия	ρ , г/см ³
Из пшеничной муки высшего и 1-го сорта	1,31
Из смеси пшеничной муки 1-го и 2-го сорта	1,28
Из пшеничной обойной муки	1,21
Из ржаной сеяной и заварных сортов муки	1,27
Из смеси ржаной сеяной муки и пшеничной 1-го сорта	1,22
Из смеси ржаной обдирной муки и пшеничной высшего сорта	1,26
Из смеси ржаной обдирной муки и пшеничной 1-го сорта	1,25

Запись в лабораторном журнале:

Внутренний диаметр цилиндрической части пробника d , см

Расстояние от вертикальной стенки основания до ножа h , см

Объем пробника $V = \frac{d^2 \pi h}{4}$, см³

Наименование изделия

Количество выемок, шт.

Объем выемок V , см³

Масса выемок m , г

Пористость $\Pi = \frac{V - \frac{m}{\rho}}{V} \cdot 100\%$

Определение влажности мякиша хлебобулочных изделий. Методика включает подготовку двух навесок массой 5 г из измельченных образцов мякиша, которые помещают в высушенные бюксы. Процесс высушивания проводят в сушильном шкафу марки СЭШ при температуре 130 °С в течение 45 мин с последующим охлаждением в эксикаторе (20 мин). После охлаждения бюксы с навесками взвешивают, и рассчитывают влажность W_x по формуле

$$W_x = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100\%, \quad (28)$$

где m_1 , m_2 – масса бюксы с навеской до и после высушивания; m – масса навески.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение двух параллельных измерений, округленное до 0,5%.

Запись в лабораторном журнале:

Масса бюкса с навеской до высушивания m_1 , г

Масса бюкса с навеской после высушивания m_2 , г

Масса взятой навески m , г

Изменение влажности $W_x - W_T$, %

Определение кислотности мякиша хлебобулочных изделий. Для определения кислотности хлебобулочных изделий берут 25 г свежемолотого образца и помещают в сухую колбу. В мерную колбу объемом 250 мл наливают подогретую до 60 °С дистиллированную воду до отметки. Примерно четверть этого объема переливают в колбу с пробой и тщательно перемешивают стеклянной палочкой с резиновым наконечником до образования однородной суспензии, после чего постепенно добавляют оставшуюся воду.

Колбу закрывают пробкой и энергично встряхивают в течение 3 мин, затем оставляют на 1 мин при комнатной температуре. Процедуру встряхивания повторяют, после чего смесь оставляют отстаиваться на 8...10 мин.

Образовавшийся прозрачный верхний слой аккуратно фильтруют через марлю в чистый стакан. Из полученного фильтрата с помощью пипетки отбирают две пробы по 50 мл в конические колбы объемом 100...150 мл. В каждую колбу добавляют 2–3 капли раствора фенолфталеина и проводят титрование 0,1 н. раствором гидроксида натрия до появления устойчивого светло-розового окрашивания, сохраняющегося не менее минуты. Если окраска исчезает и не восстанавливается после добавления 2–3 капель индикатора, то титрование продолжают. Кислотность H рассчитывают по формуле (29), выражая результат в градусах.

$$H = \frac{VV_1 \cdot 100}{10mV_2}, \quad (29)$$

где V – объем 0,1 н. NaOH, пошедший на титрование, мл; V_1 – объем дистиллированной воды, взятый для смешивания с навеской, мл; 100 – коэффициент пересчета на 100 г на вески; $1/10$ – коэффициент приведения 0,1 н. концентрации к 1 н. концентрации; m – масса навески, г; V_2 – объем фильтрата, взятый на титрование, мл.

Запись в лабораторном журнале:

Объем 0,1 н. NaOH, пошедший на титрование

50 мл фильтрата V , мл

Показатель H , градусы

Результаты исследований

25. Сводная таблица результатов анализов

Номер образца	Органолептические показатели					Влажность, %	Кислотность, град	Пористость, %
	Форма	Поверхность	Цвет	Вкус	Запах			
Образец 1								
Образец N								

Вопросы для проверки

1. Каковы основные технологические стадии производства формового хлеба из пшеничной муки?
2. Какие процессы протекают в тестовой заготовке на стадии выпечки?
3. По каким показателям определяют готовность хлеба? По каким физико-химическим показателям оценивают качество хлеба?
4. Что такое упек и усушка и как они влияют на массу готового изделия?
5. Опишите методику определения пористости хлебобулочных изделий.

3. БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

Лабораторная работа № 10

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА МОЛОКА

Цель работы: знакомство с основными методами технохимического контроля молока как исходного сырья для производства молочных продуктов.

Материалы и приборы: молоко сырое; 0,1 н. раствор гидроксида натрия; 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина, эталон окраски, баня водяная; термометр спиртовой; колбы или банки вместимостью 100 см³ с пришлифованными пробками; цилиндр мерный вместимостью 50...100 см³; стаканы химические вместимостью 50 см³; фольга алюминиевая, зашифрованные пробы исследуемого молока в количестве 20...30 см³, колбы конические вместимостью 150...200 см³; пипетки вместимостью 10 и 20 см³ (или автоматическая пипетка на 10 см³); бюретка на 20...50 см³; капельница для раствора фенолфталеина.

Теоретические предпосылки

Технологические свойства молока напрямую определяют количество сырья, необходимого для производства единицы молочной продукции, а также сроки годности готовых изделий. Основная часть перерабатываемого молока (около 90%) – коровье, его состав представлен на рис. 22.

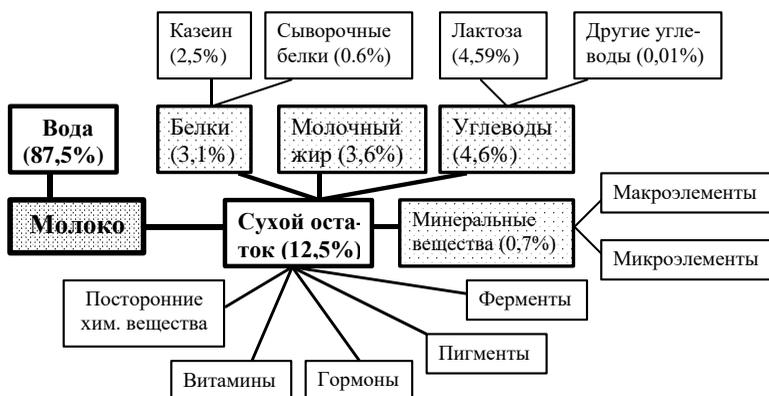


Рис. 22. Химический состав молока

Молоко состоит из воды и сухого вещества, которое определяет его пищевую ценность. Сухое вещество включает жиры, белки, лактозу (молочный сахар), минералы, жирорастворимые витамины и другие химические соединения.

При поступлении на перерабатывающее предприятие каждая партия молока (во флягах или цистернах) проверяется по органолептическим и физико-химическим показателям. Эти свойства обусловлены составом молока: жир придает нежный вкус, лактоза – сладость, белки – полноту вкуса. Качественное молоко должно быть однородным по консистенции, иметь белый или слегка желтоватый цвет, без осадка, хлопьев и следов заморозки.

В лаборатории определяют: физические свойства (плотность), химические показатели (кислотность, содержание жира и белков) и микробиологические параметры (редуктазная проба).

Физические свойства молока.

1. Плотность (1,028...1,030 г/см³, измеряемая ареометром) зависит от химического состава и влияет на технологические режимы переработки.

2. Температура кипения молока составляет 100,2 °С, а замерзания – –0,6 °С.

3. Осмотическое давление (6,6 кгс/см²) близко к кровяному и определяется содержанием сахаров и солей.

4. Вязкость молока (в 1,6–2,1 раза выше, чем у воды) важна при сепарировании, производстве консервов и кисломолочных продуктов.

5. Кислотность зависит от содержания белков, кислых солей и диоксида углерода и служит показателем свежести и натуральности. Повышение кислотности связано с образованием молочной кислоты в результате активности молочнокислых бактерий. Кислотность ниже 16 °Т может указывать на заболевание животного или фальсификацию молока (добавление соды, аммиака и т.п.).

Молоко – благоприятная среда для развития микроорганизмов (бактерий, дрожжей, плесени). Активность бактерий приводит к образованию фермента редуктазы, который обесцвечивает метиленовую синь или изменяет окраску молока с резазурином. Это позволяет косвенно оценить бактериальную обсемененность непастеризованного молока.

В зависимости от физико-химических и микробиологических показателей молоко делится на два сорта (табл. 26).

26. Физико-химические и микробиологические показатели молока

Наименование показателя	1-й сорт	2-й сорт
Кислотность, °Т	16...18	16...20
Механическая загрязненность	I группы	II группы
Бактериальная обсемененность	1-й класс	1 – 11-й класс
Плотность, г/см ³	Не ниже 1,027	

Техника определения

1. Органолептическая оценка качества молока. Включает проверку вкуса и запаха молока (предварительно пастеризованного) по пятибалльной системе. В спорных случаях сравнивают с эталонными образцами.

2. Определение кислотности молока. Кислотность определяют с помощью фенолфталеина и титрования щелочью. Объем затраченной щелочи позволяет оценить титруемую кислотность молока в градусах Тернера °Т. Однако титруемая кислотность не всегда точно отражает качество принимаемого молока. Для более точной оценки определяют водородный показатель (рН), отражающий концентрацию активных ионов водорода.

Определение титруемой кислотности. Методика определения титруемой кислотности:

1. В стакан объемом 100 мл отмерить пипеткой 10 мл молока и 20 мл дистиллированной воды для облегчения визуального определения розового оттенка.

2. В смесь добавить 3 капли 1%-ного спиртового раствора фенолфталеина и перемешать.

3. Из бюретки (предварительно зафиксировав уровень щелочи) по каплям добавлять 0,1 н. раствор едкого натра (или калия) при постоянном перемешивании до появления слабо-розового окрашивания (сравнивать с эталоном), которое не исчезает в течение минуты (эталон готовят, добавляя к 10 мл молока 20 мл воды и 1 мл 2,5%-ного раствора сернокислого кобальта).

4. Зафиксировать количество миллилитров щелочи, пошедшее на титрование 10 мл молока. Для выражения кислотности в градусах Тернера количество миллилитров щелочи умножают на 10, производя пересчет на 100 мл молока. Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 1 °Т.

В некоторых случаях допускается определение кислотности без добавления воды, при этом величину кислотности уменьшают на 2 °Т.

Запись в лабораторном журнале:

Средний объем щелочи, пошедший на титрование

10 мл молока, мл

Кислотность, °Т

Определение водородного показателя. Методика измерения рН молока основана на принципе потенциометрии. При погружении в пробу двух электродов – стеклянного измерительного и хлорсеребряного сравнения возникает разность потенциалов, пропорциональная активности ионов водорода в растворе.

Чувствительная часть стеклянного электрода избирательно реагирует на ионы водорода, создавая потенциал, величина которого зависит от кислотности среды. Электрод сравнения при этом обеспечивает стабильный

опорный потенциал, и исследуемым раствором происходит обмен ионами натрия и водорода.

Для проведения измерения в стаканчик отмеряют 40 мл молока и погружают в него электроды прибора. После стабилизации показателей (обычно 1...2 мин) значение рН считывают с дисплея прибора. Для перевода уровня рН в градусы Тернера используют данные табл. 27.

27. Переход от уровня рН к градусам Тернера

рН	Титруемая кислотность, °Т
6,70...6,74	16
6,65...6,69	17
6,58...6,64	18
6,52...6,57	19
6,46...6,51	2
6,40...6,45	21
6,35...6,39	22

Запись в лабораторном журнале:

Показания рН-метра

Титруемая кислотность молока, °Т

3. Определение показателей качества молока с использованием анализатора «Клевер-2». Этот прибор разработан специально для измерения массовой доли жира, содержания белка, сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), а также плотности молока и молочных продуктов.

Прибор состоит из двух модулей: блока питания (12,6 В) и измерительного блока, содержащего ультразвуковую измерительную ячейку (пробоприемник с системой нагрева и термостабилизации, источник ультразвуковых колебаний, детектор и усилитель), электронную схему и микропроцессорный блок управления. Принцип действия основан на зависимости скорости распространения ультразвука от физико-химических характеристик молока. Микропроцессор анализирует параметры ультразвукового сигнала, прошедшего через образец, и вычисляет искомые показатели с точностью до 0,01%.

Процесс полностью автоматизирован и занимает от 2,5...3,5 мин в зависимости от температуры пробы. Оператору необходимо:

– включить прибор и дождаться завершения калибровки (около 5 с). Если в это время в емкости для образца присутствует жидкость (вода или остатки предыдущего измерения), для готовности потребуется слить содержимое;

– заполнить измерительную камеру пробой, оставив 5...7 мм до верхнего края;
– дождаться завершения измерения и зафиксировать результаты на дисплее;

– лить пробу и при необходимости промыть камеру.

Для обеспечения точности измерений рекомендуется:

– избегать механических воздействий на прибор во время работы;
– при смене типа измеряемого образца рекомендуется несколько раз промыть камеру новым образцом, сливая его перед каждым измерением;
– при перерывах в измерениях до двух часов рекомендуется промывать камеру дистиллированной или кипяченой водой (15...30 °С), затем залить воду и выполнить одно измерение. Для проверки работоспособности в Режиме 1 выполняют два предварительных и одно контрольное измерение дистиллированной воды.

Результат считается удовлетворительным при следующих условиях:

– массовая доля жира в дистиллированной воде: 0,03%; массовая доля СОМО в дистиллированной воде: 0,03%.

При отклонении от указанных значений проводят техническое обслуживание. Если результаты не соответствуют, необходимо скорректировать нули прибора.

Плотность молока 28,49 в градусах ареометра (1028,49 кг/м³)

Плотность молока в кг/м³ рассчитывается по формуле

$$\rho = 1000 + \Pi, \quad (30)$$

где ρ – плотность; Π – показание прибора.

Если удерживать кнопку «Режим», на дисплее отобразятся СОМО, процент добавленной воды и температура образца.

Расчет добавленной воды происходит только при СОМО ниже установленного порога. В этом случае прозвучит сигнал и загорится индикатор. Сигнал может быть вызван и другими факторами: значение СОМО 8,74%, количество добавленной воды 3,2%. После отпускания кнопки «Режим» отображаются результаты нижней строки. Через 2 мин после начала индикации (если измерения не на дистиллированной воде) анализатор подает звуковой сигнал, напоминая о наличии пробы.

Запись в лабораторном журнале:

Содержание жира, %

СОМО, %

Плотность, кг/м³

Вопросы для проверки

1. Какие производственные показатели зависят от качества сырого молока?
2. Какие белки молока называют «сывороточными» и почему?

3. Чем отличается состояние молочного жира в теплом и холодном молоке?
4. Каким образом физические свойства молока связаны с его химическим составом?
5. Какой показатель помогает определить свежесть молока?
6. Какие режимы обеспечивают отделение жира от других фракций, при его определении в молоке?
7. Содержание каких компонентов молока можно рассчитать, зная СВ, СОМО и плотность?

Лабораторная работа № 11

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МОЛОКА

Цель работы: приобретение опыта владения методами и приемами микробиологического анализа сырья животного происхождения.

Материалы и приборы: молоко, резаурин, метиленовый голубой, пробирки на 20 мл, редуктазник, водяная баня, секундомер, анализатор соматических клеток Соматос-мини.

Теоретические предпосылки

В молочной промышленности биотехнологические процессы играют ключевую роль в формировании пищевой ценности и биологической активности конечных продуктов. Исходное микробиологическое состояние сырья оказывает решающее влияние на технологические параметры производства, в частности на режимы термообработки, которые непосредственно воздействуют на химический состав молока.

По микробиологическим показателям молоко должно соответствовать следующим требованиям:

- уровень бактериальной обсемененности по редуктазной пробе – I, II класс;
- количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов – не более $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³;
- количество соматических клеток – не более $5 \cdot 10^5$ в 1 см³;
- сычужно-бродильная проба или сычужная проба – I, II класс;
- количество спор мезофильных анаэробных лактатсбраживающих бактерий, не более 13 000 КОЕ в 1 дм³.

Микробиологическая активность в молоке проявляется через выделение бактериями окислительно-восстановительных ферментов, включая анаэробные дегидразы (исторически называемые редуктазами). Существует зависимость между количеством мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в молоке и содержанием в нем редуктаз, что дает возможность использовать редуктазную пробу как косвен-

ный показатель уровня бактериальной обсемененности сырого молока. Важно отметить, что свежесвыдоенное молоко не содержит редуктазу, появление фермента свидетельствует о бактериальной обсемененности. Проба на редуктазу является косвенным показателем бактериальной обсемененности непастеризованного молока.

Одним из важнейших микробиологических параметров качества молока является содержание соматических клеток. Данный показатель влияет на сортность и стоимость молока, технологические свойства сырья и безопасность конечного продукта.

Соматические клетки представляют собой клетки различных тканей и органов (клетки эпителия молочной железы, лейкоциты, эритроциты). Данные клетки всегда присутствуют в молоке, так как в вымени коровы происходит отторжение старых клеток, в результате чего они попадают в молоко, однако повышенное содержание соматических клеток может свидетельствовать о наличии какого-либо воспалительного процесса.

Большое содержание соматических клеток в молоке приводит к ряду неблагоприятных последствий. В первую очередь, снижается качество молока: ухудшаются его свойства, уменьшается показатель кислотности, отмечается сокращение содержания казеина, жира и лактозы. Из молока, содержащего повышенное количество соматических клеток, нельзя приготовить сыр, творог, масло и кефир, так как молоко становится менее термостойчивым и хуже свертывается сычужным ферментом. Если маститное молоко попадает в употребление, болезнетворные микроорганизмы могут вызвать у человека пищевое отравление, расстройство функций ЖКТ, стрептококковую ангину и многое другое.

Мастит способствует увеличению количества хлора и натрия в молоке, что инициирует изменение вкуса (продукт получает горький и соленый привкус). Переработка такого молока на сыр приводит к вспучиванию продукта и увеличению срока созревания; на масло – к появлению неприятного запаха и снижению качества.

Нормой содержания соматических клеток в молоке является показатель от 100 до 500 тыс./см³. Если в молоке содержится более 500 тысяч соматических клеток на 1 см³, данный продукт необходимо считать аномальным. Аномальное молоко говорит о наличии примеси молозива либо завершающем периоде лактации, субклинической форме мастита или о других нарушениях в здоровье животного, способствующих увеличению количества соматических клеток. Показатель соматических клеток менее 90 тыс./см³ также не является нормой, так как может быть результатом фальсификации сырого молока (разбавление, пастеризация, стерилизация).

Техника определения

1. Проба с метиленовым голубым. В стерильные пробирки наливают по 1 мл рабочего раствора метиленового голубого и по 20 мл исследуемого

молока, закрывают пробками и смешивают путем медленного трехкратного переворачивания пробирок. Далее помещают пробирки в редуктазник, поддерживая температуру воды 38...40 °С (можно использовать водяную баню с термостатом). Уровень воды должен соответствовать уровню жидкости в пробирках или слегка превышать его.

Момент погружения пробирок в редуктазник считают началом анализа. Наблюдение за изменением окраски ведут через 20 мин, 2 ч, 5 ч 30 мин после начала анализа. Окончанием анализа считают момент обесцвечивания окраски молока, при этом остающийся небольшой кольцеобразный окрашенный слой сверху (около 1 см) или небольшая окрашенная часть внизу пробирки в расчет не принимается. Появление окрашивания молока в этих пробирках при встряхивании не учитывают.

В зависимости от времени обесцвечивания молоко относят к одному из четырех классов в соответствии с табл. 28.

Запись в лабораторном журнале:

Продолжительность обесцвечивания, ч

Количество бактерий в 1 мл молока

Класс молока

28. Классификация качества молока

Класс	Оценка качества молока	Продолжительность обесцвечивания	Количество бактерий в 1 мл молока
I	Хорошее	Свыше 5 ч 30 мин	Менее 500 тыс.
II	Удовлетворительное	Свыше 2 ч до 5 ч 30 мин	От 50 тыс. до 4 млн
III	Плохое	Свыше 20 мин до 2 ч	От 4 до 20 млн
IV	Очень плохое	20 мин и менее	20 млн и выше

2. Проба с резазурином. В стерильные пробирки наливают по 1 мл рабочего раствора резазурина и по 10 мл исследуемого молока, закрывают стерильными пробками, смешивают путем медленного трехкратного переворачивания пробирок. Далее помещают пробирки в редуктазник, поддерживая температуру воды 38...40 °С (можно использовать водяную баню с термостатом). Уровень воды должен соответствовать уровню жидкости в пробирках или слегка превышать его.

Пробирки с молоком и резазурином на протяжении анализа должны быть защищены от прямых солнечных лучей. Время погружения пробирок в редуктазник считают началом анализа.

Показания снимают через 20 мин и 60 мин, не встряхивая и не переворачивая пробирки. После снятия показаний через 20 мин пробирки с обесцвеченным молоком удаляют из редуктазника. Появление окрашивания молока в этих пробирках при встряхивании не учитывают.

Оставшиеся пробирки однократно переворачивают и оставляют в редуктазнике до конца анализа. В зависимости от времени обесцвечивания и изменения окраски молоко относят к одному из четырех классов в соответствии с табл. 29.

Запись в лабораторном журнале:
 Продолжительность обесцвечивания, ч
 Количество бактерий в 1 мл молока
 Класс молока

29. Классификация качества молока

Класс	Оценка качества молока	Продолжительность обесцвечивания	Окраска молока	Количество бактерий в 1 мл молока
I	Хорошее	Через 1 ч	Сине-стальная	Менее 500 тыс.
II	Удовлетворительное	Через 1 ч	Сиреневая или сине-фиолетовая	От 500 тыс. до 4 млн
III	Плохое	Через 1 ч	Розовая или белая	От 4 до 20 млн
IV	Очень плохое	До 20 мин	Белая	20 млн и выше

3. Определение соматических клеток в молоке. Вискозиметрический метод реализуется в таких анализаторах соматических клеток, как Соматос-мини и Ekomilk Scan (рис. 23).



Рис. 23. Анализатор соматических клеток Соматос-мини

Проба молока смешивается с препаратом «Мастоприм», который разрушает оболочки соматических клеток (лейкоцитов), и молекулы ДНК переходят во внеклеточное пространство, изменяя при этом вязкость смеси. Полученная смесь пропускается через анализатор, измеряется скорость вытекания, которая зависит от количества соматических клеток. Так, если время вытекания составило 12 с, то показатель соматических клеток равен примерно 90 тыс./см³.

Вопросы для проверки

1. Какие методы лабораторного анализа применяют для оценки микробиологической обсемененности молока и в чем их принципиальные отличия?
2. На какие категории и по каким показателям подразделяют молоко?
3. Какое молоко считается неприемлемым для переработки и реализации?
4. Требования, предъявляемые к молоку по микробиологическим показателям?
5. Как классифицируют молоко по качественным характеристикам?
6. Методика определения соматических клеток.

Лабораторная работа № 12

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ СКВАШИВАНИЯ МОЛОКА

Цель работы: изучение способов коагуляции молочных белков, основанных на разных биотехнологических процессах.

Материалы и приборы: раствор оксида натрия молярной концентрацией 0,1 моль/дм³, спиртовой раствор фенолфталеина 1%-ной концентрации, раствор с массовой концентрацией сульфата кобальта 25 г/дм³, 50%-ный раствор лимонной кислоты, молокосвертывающий фермент или пепсин, дистиллированная вода, анализатор молока «Клевер», влагомер ПИВИ, рефрактометр, эксикатор с влагопоглотителем, весы технические, центрифуга, плитка электрическая, химические стаканы объемом 1000 см³, мерные цилиндры объемом 100, 250 см³, градуированные пробирки 10 см³, стеклянные палочки, шпатели, бумажные пакеты с вкладышами из пергамента для определения влажности сгустка, ножи для разрезания сгустка, сито пластмассовое, пинцеты, марля, пипетки на 1, 10 и 20 см³, автоматическая пипетка на 10 см³, колбы конические на 100, 250 см³, мерные колбы на 50, 100 см³, бюретки стеклянные на 50 см³, капельница для раствора фенолфталеина.

Теоретические предпосылки

Сквашивание представляет собой ключевой технологический процесс в молочной промышленности, в ходе которого под воздействием заквасочных микроорганизмов и молокосвертывающих ферментов происходит обра-

зование сгустка из-за изменения структуры белков молока – казеина (80% всех молочных белков), сывороточных белков и белков оболочек жировых шариков.

В результате жизнедеятельности микроорганизмов происходит глубокий распад молочного сахара, липидов и белков молока с образованием многочисленных химических соединений. Основные биохимические процессы, протекающие при выработке кисломолочных продуктов:

- молочнокислое и спиртовое брожение молочного сахара (реакции расщепления лактозы через моносахара и пировиноградную кислоту, осуществляемые молочнокислыми и пропионовокислыми бактериями, бактериями группы кишечной палочки, дрожжами и другими микроорганизмами);

- протеолиз (реакции расщепления молочного белка казеина, осуществляемые при участии ферментов молочнокислых и протеолитических бактерий, микрококков, дрожжами и микроскопическими грибами) с последующей коагуляцией казеина и гелеобразованием, в результате которых формируются консистенция, вкус и запах готовых продуктов;

- реакции разложения молочного жира, происходящие в результате развития психрофильных липолитических микроорганизмов и микроскопических грибов.

В зависимости от характера брожения лактозы кисломолочные продукты принято делить на 2 группы:

1 – продукты, в основе изготовления которых лежит молочнокислое брожение (простокваша, ацидофилин, йогурт, творог, сметана);

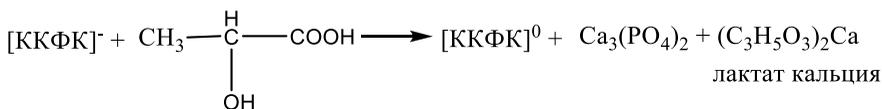
2 – продукты со смешанным брожением – кефир, кумыс, курунги.

Протеолиз более интенсивно протекает в продуктах второй группы, а также при созревании сыров.

Образование сгустка из казеина при переработке молока осуществляется тремя основными способами:

1. *Кислотный способ* основан на коагуляции казеина в результате изменения кислотности молока, вызванного накоплением молочной кислоты, которая образуется при сбраживании лактозы под влиянием молочнокислой микрофлоры. Водородные ионы (H^+) подавляют диссоциацию карбоксильных групп казеина, а также гидроксильных групп фосфорной кислоты: COO^- переходят в $COOH$, а PO_4^{3-} – в HPO_4^{2-} . В результате снижается заряд казеиновых мицелл и достигается равенство положительных и отрицательных зарядов казеина при pH 4,6...4,7 (изоэлектрическая точка казеина). При этом нарушается структура казеинаткальцийфосфатного комплекса (ККФК) – отщепляются фосфат кальция и структурообразующий кальций. Их переход в раствор дополнительно дестабилизирует мицеллы казеина, он теряет растворимость и выпадает в осадок (коагулирует).

Схематично кислотную коагуляцию казеина можно представить следующим образом:



В изоэлектрической точке казеиновые частицы при столкновении агрегируют, образуя цепочки или нити, а затем пространственную структуру в виде сетки, в ячейках или петлях которой находится дисперсионная среда с жировыми шариками и другими составными частями. Гелеобразование происходит в несколько этапов.

1. Стадия скрытой коагуляции.
2. Стадия максимальной коагуляции.
3. Стадия структурообразования (уплотнение сгустка).
4. Стадия синерезиса – уплотнение, стягивание сгустка с укорачиванием нитей казеина и вытеснением заключенной между ними жидкости. Синерезис является нежелательным процессом, так как вызывает отделение сыворотки, что ухудшает продовольственное качество продукта.

Готовность сгустка определяют по его кислотности (58...60 °Т), а также визуально: по плотности структуры, характеру излома и отделяемой прозрачной зеленоватой сыворотки.

Комбинирование различных штаммов микроорганизмов позволяет регулировать плотность сгустка, интенсивность отделения сыворотки и другие технологические параметры. Например: введение в состав заквасок активных кислотообразователей приводит к получению плотного колющегося сгустка с интенсивным отделением сыворотки, а использование слабых кислотообразователей – к образованию сгустка с более выраженными эластичными свойствами. Использование в заквасках *Str. chernoris* и *Lb. acidophilum* придает сгустку эластичные свойства и препятствует отделению сыворотки.

Гомоферментативные бактерии (*Str. lactis*, *Str. cremoris*, *Str. diacetilactis*, *Lbm. bulgaricum*, *Lbm. acidophilum*, *Lbm. casei*) образуют главным образом молочную кислоту (более 90%) и лишь незначительное количество побочных продуктов. Для гомоферментативных бактерий характерным является сбраживание глюкозы по гликолитическому пути Эмбдена–Мейергофа:



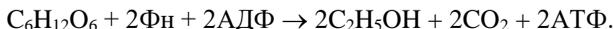
Из 1 моль глюкозы образуется 2 моль молочной кислоты и 2 моля АТФ.

Гетероферментативные бактерии (*Str. citrovorus*, *Str. paracitrovorus*, *Lbm. brevis*) около 50% глюкозы превращают в молочную кислоту, а остальное количество – в этиловый спирт, уксусную кислоту и CO₂. Гетероферментативные бактерии не могут сбраживать глюкозу по гликолитическому пути, так как у них отсутствует ключевой фермент альдолаза, необходимый для расщепления фруктозо-1,6-дифосфата на две молекулы триозофосфата, поэтому они сбраживают глюкозу пентозофосфатным путем:



В ходе реакций по пентозофосфатному пути из каждого моль глюкозы образуется моль молочной кислоты, моль этанола и CO_2 .

Спиртовое брожение глюкозы имеет место при выработке кефира, кумыса, курунги и других кисломолочных продуктов. Возбудителями спиртового брожения являются дрожжи *Sacch. cartilagenosus*, *Sacch. fragilus*, *Sacch. cerevisiae* и др. Они сбраживают глюкозу с образованием этанола и углекислоты:



Кислотным способом изготавливаются кисломолочные напитки (простокваши, йогурт, кефир), сметана, кисло-сливочное масло, творог нежирный и пониженной жирности с нежной консистенции. Пространственная структура сгустков кислотной коагуляции белков менее прочная, формируется слабыми связями между мелкими частицами казеина и хуже выделяет сыворотку. Поэтому для интенсификации отделения сыворотки требуется подогрев сгустка.

2. *Сычужно-кислотный способ* сочетает действие сычужного фермента и молочной кислоты. Казеин при переходе в параказеин смещает изоэлектрическую точку с pH 4,6 до 5,2. Такое изменение физико-химических свойств белка приводит к ускоренному образованию сгустка при более низкой кислотности. Технологический процесс сокращается на 2...4 ч, при этом полученный сгусток обладает меньшей кислотностью, что важно для некоторых видов продуктов.

При сычужно-кислотной коагуляции кальциевые мостики, образующиеся между крупными частицами, обеспечивают высокую прочность сгустка. Такие сгустки лучше отделяют сыворотку, чем кислотные, так как в них быстрее происходит уплотнение пространственной структуры белка. Поэтому подогрев сгустка для интенсификации отделения сыворотки не требуется совсем или температура подогрева снижается. Сычужно-кислотным способом, при котором уменьшается отход жира в сыворотку, изготавливают жирный и полужирный творог. При кислотном свертывании кальциевые соли отходят в сыворотку, а при сычужно-кислотном сохраняются в сгустке. Это необходимо учитывать при производстве творога для детей, которым необходим кальций для костеобразования.

Под действием сычужного фермента в молекуле казеина происходит гидролиз фосфоамидной связи без отщепления фосфорной кислоты. При этом сычужная коагуляция белков молока протекает в две стадии:

- 1) ферментативной – казеин под действием сычужного фермента переходит в параказеин;
- 2) коагуляционной – из параказеина образуется сгусток.

На ферментативной стадии сычужный фермент расщепляет фосфоамидную связь в молекуле казеина между фосфорной кислотой и амидными группами аргинина (рис. 24).

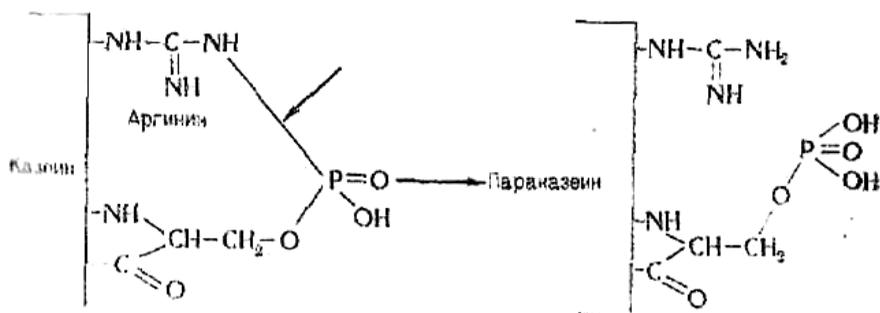


Рис. 24. Расщепление фосфоамидной связи в молекуле казеина под действием сычужного фермента

При этом, с одной стороны, высвобождаются гуанидиновые группы аргинина, в результате чего увеличивается количество щелочных групп, и изоэлектрическая точка с рН 4,6...4,7 (для казеина) сдвигается до рН 5,0...5,2 (для параказеина); с другой стороны, – функциональные группы фосфорной кислоты, которые обуславливают большую чувствительность параказеина к ионам кальция по сравнению с казеином, что очень важно для свертывания. На коагуляционной стадии параказеин при такой же концентрации ионов кальция образует сгусток за счет того, что в его молекуле появляются новые активные группы –ОН, которые связывают ионы кальция, находящиеся в молоке, создавая «кальциевые мостики» между частицами параказеина. При большом количестве «мостиков» образуется гель (рис. 25).

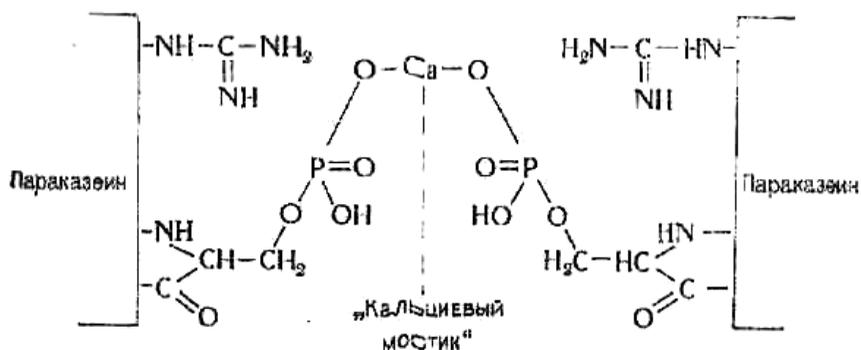


Рис. 25. Связывание частиц параказеина «кальциевыми мостиками»

Полученная молочная кислота снижает отрицательный заряд казеиновых мицелл, так как катионы водорода снижают диссоциацию карбоксильных групп казеина, а также гидроксильных групп фосфорной кислоты. Таким образом, достигается равенство положительных и отрицательных ионов в изоэлектрической точке казеина (рН 4,6...4,7).

При кислотно-сычужном способе сквашивания пастеризованного молока рекомендуется вводить хлористый кальций для восстановления способности пастеризованного молока образовывать под действием сычужного фермента плотный, хорошо отделяющий сыворотку сгусток.

3. *Термокислотный способ* предполагает использование высоких температур 93...95 °С в сочетании с кислотными коагулянтами (молочной сывороткой или уксусной кислотой). Этот метод применяется при производстве некоторых видов сыров, например сыра «Адыгейский».

Техника определения

1. Подготовка молочной смеси и сквашивание. Взвешивают три порции предварительно пастеризованного молока по 500 г в химических стаканах.

На анализаторе молока «Клевер» выполняют анализ молока, определяют содержание жира, СОМО и плотность. Кислотность молока определяют методом титрования. Полученные значения вносят в сводную табл. 31.

Сквашивание молока производят тремя способами: кислотным, кислотно-сычужным, термокислотным.

Кислотный способ.

1. Нагреть на водяной бане молоко до температуры 37...38 °С.
2. Внести 10% от массы молока закваску (порция кисломолочного натурального напитка – простокваша (термостатная).
3. Перемешать в течение 1 мин и поместить стакан в термостат при температуре 37 °С, зафиксировать время образования сгустка.
4. Продолжительность сквашивания смеси активной закваской с момента внесения составляет 4...6 ч.
5. Определить влагоудерживающую способность сгустка.
6. Выполнить операции по разрезанию сгустка, отделению сыворотки и разливу сгустка. Перед началом обработки сгустка отбирают пробу сыворотки и определяют титруемую кислотность. Если кислотность не достигла 61 ± 5 °Т, то сгусток разрезают на кубики размером 2,0×2,0×2,0 см. Разрезанный сгусток оставляют в покое на 15...30 мин для выделения сыворотки.

7. Для отделения сыворотки массу нагревают до температуры 36 ± 2 °С с выдержкой при этой температуре 10...15 мин. Для равномерного нагревания сгустка верхние слои его осторожно перемещают от одной стенки емкости к другой, благодаря чему нижние нагретые слои сгустка постепенно поднимаются вверх, а верхние слои (непрогретые) опускаются вниз.

8. Сгусток переливают в марлевый мешок, заполняя его не менее чем на три четверти, где производится самопрессование сгустка.

9. Мешок со сгустком завязывают и укладывают в сита для самопрессования не менее 1 ч. В производственных условиях используется специальное оборудование, а в лабораторных – ограничиваются временем занятия. Для ускорения отделения сыворотки мешки со сгустком периодически встряхивают.

10. Определяют массу сыворотки, сгустка и массовую долю влаги методом высушивания.

Кислотно-сычужный способ.

1. Пастеризованное молоко заквашивают бакконцентратом, который содержит чистую культуру лактококков, при температуре 30 ± 2 °С. Доза бакконцентрата соответствует технологической инструкции по приготовлению и применению заквасок для кисломолочных продуктов.

2. После внесения бакконцентрата смесь вымешивают 1 мин, затем добавляют 40%-ный раствор хлористого кальция из расчета 400 г безводного хлористого кальция на 1000 кг заквашиваемой смеси. Смесь вымешивают 5 мин.

3. После внесения раствора хлористого кальция в смесь вносят сычужный порошок или пепсин пищевой в виде раствора с массовой долей фермента не более 1%. Доза фермента активностью 100 000 МЕ составляет 1 г на 1000 кг заквашиваемой смеси. Сычужный порошок или ферментный препарат растворяют в питьевой воде, предварительно подогретой до температуры 36 ± 3 °С, пепсин растворяют в свежей, профильтрованной сыворотке, подогретой до такой же температуры. Смесь вымешивают 5 мин. Фиксируют время образования сгустка, помещая стакан в термостат, при температуре 30 ± 2 °С.

4. Определяют влагоудерживающую способность сгустка.

5. Выполняют операции по разрезанию сгустка, отделению сыворотки и разливу сгустка. Перед началом обработки сгустка отбирают пробу сыворотки и определяют титруемую кислотность. Если кислотность не достигла 61 ± 5 °Т, то сгусток разрезают на кубики размером $2,0 \times 2,0 \times 2,0$ см. Разрезанный сгусток оставляют в покое на 15...30 мин для выделения сыворотки.

6. Для отделения сыворотки массу нагревают до температуры 36 ± 2 °С с выдержкой при этой температуре 10...15 мин. Для равномерного нагревания сгустка верхние слои его осторожно перемещают от одной стенки емкости к другой, благодаря чему нижние нагретые слои сгустка постепенно поднимаются вверх, а верхние слои (непрогретые) опускаются вниз.

7. Сгусток переливают в марлевый мешок, заполняя его не менее чем на три четверти, где производится самопрессование сгустка.

8. Мешок со сгустком завязывают и укладывают в сита для самопрессования не менее 1 ч. Для ускорения отделения сыворотки мешки со сгустком периодически встряхивают.

9. Определяют массу сыворотки, сгустка и массовую долю влаги методом высушивания.

Термокислотный способ.

1. Нагревают молоко до температуры 93...95 °С.

2. Добавляют при постоянном перемешивании 10 мл 50%-ного раствора лимонной кислоты до образования сгустка.

3. Определяют влагоудерживающую способность сгустка.

4. Выкладывают сгусток в форму для стекания сыворотки.

5. Сгусток самопрессуется в течение 10...15 мин.

6. Взвешивают сгусток и отделившуюся сыворотку, определяют массовую долю влаги в сгустке методом высушивания.

Результаты заносят в табл. 31.

2. Определение влагоудерживающей способности сгустков. В градуированную пластиковую пробирку емкостью 10 см³ вносят 10 см³ разрушенного сгустка и центрифугируют в течение 5 мин. После остановки центрифуги измеряют объем выделившейся сыворотки. По количеству выделившейся сыворотки судят о способности сгустка к влагоотдаче. Результат выражается количеством сыворотки, см³, полученной из 10 см³ сгустка. Сгустки с влагоотдачей от 3,5 до 5,5 мл сыворотки рекомендуются для приготовления творога. Сгустки с влагоудерживающей способностью до 2,5 мл сыворотки пригодны для производства кисломолочных напитков и сметаны.

3. Определение массовой доли влаги в сгустке. Перед анализом заготавливают двухслойные пакеты из бумаги размером 150×150 мм, которые накладывают друг на друга, сгибают по диагонали, загибают по углам и краям примерно на 15 мм и приглаживают в приборе для запрессовки краев. Пакеты высушивают в приборе при температуре высушивания продукта в течение 3 мин, после чего охлаждают и хранят в эксикаторе.

Для предохранения от потерь жира каждый пакет вкладывают в пергамент, который складывают по диагонали, не загибая краев.

Высушенный пакет взвешивают и непосредственно в него закладывают навеску измельченной на мелкой терке массы сгустка массой 5 г, распределяя продукт равномерно. Пакет с навеской закрывают и помещают между плитами нагретого до 160...162 °С прибора ПИВИ (одновременно можно высушивать два пакета). В начале сушки во избежание разрыва пакетов верхнюю плиту прибора приподнимают и выдерживают в таком положении до прекращения обильного выделения паров (около 30...50 с). Затем плиту опускают и продолжают высушивание в течение 5 мин.

Пакеты с высушенными пробами охлаждают в эксикаторе в течение 3...5 мин и взвешивают с точностью до 0,01 г.

Массовую долю влаги (в %) вычисляют по формуле

$$B = \frac{(m - m_1)}{5} \cdot 100\%, \quad (31)$$

где m – масса пакета с навеской до высушивания, г; m_1 – масса пакета с навеской после высушивания, г; 5 – масса навески, г.

4. Определение титруемой кислотности сыворотки методом титрования щелочью. Метод заключается в титровании кислот и кислых солей, находящихся в сыворотке, раствором гидроксида натрия в присутствии индикатора.

Перед проведением анализа готовят контрольные эталоны окраски, для чего в колбу вместимостью 100 или 250 см³ отмеряют 10 см³ сыворотки, 20 см³ дистиллированной воды и 1 см³ раствора сульфата кобальта. Смесь тщательно перемешивают. Эталоны хранят не более 8 ч при комнатной температуре. В коническую колбу вместимостью 150...200 см³ с помощью пипетки добавляют 10 мл молока, 20 мл дистиллированной воды и три капли фенолфталеина, смесь тщательно перемешивают и титруют 0,1 н. раствором гидроксида натрия (калия) до появления слабо-розового окрашивания, соответствующего контрольному эталону окраски, не исчезающего в течение 1 мин.

Кислотность сыворотки в градусах Тернера равна количеству миллилитров 0,1 н. раствора гидроксида натрия (калия), затраченного на нейтрализацию 10 мл сыворотки, умноженному на 10. Расхождение между параллельными определениями должно быть не выше 1 °Т.

5. Органолептические показатели сгустка. Органолептический анализ – качественная и количественная оценка ответной реакции органов чувств человека на свойства продукта. Качественную оценку выражают словесным описанием (дескрипторами), а количественную – в числах (баллах и др.). К общим органолептическим показателям сгустков относятся внешний вид, цвет, вкус, запах и консистенция, а к специфичным – внутреннее строение (рисунок, строение сгустка).

Полученные на лабораторной работе сгустки следует оценить, используя дескрипторы, приведенные в табл. 30.

6. Определение содержания сухих веществ в сыворотке на рефрактометре. На нижнюю призму рефрактометра с помощью стеклянной палочки с резиновым наконечником наносят две капли дистиллированной воды и в течение 5 мин темперируют, направив пучок света в окошко оправы призм. Окуляр передвигают до совмещения визира с границей темного и светлого полей. Рефрактометр считается установленным, если граница полей находится против показателя преломления 1,333 при 20 °С, который соответствует 0% сухих веществ.

Две капли пробы наносят на призму рефрактометра, темперируют их в течение 5 мин, передвигая окуляр до смещения визира с границей темного и светлого полей. Отметив температуру по термометру, установленному на рефрактометре, отсчитывают по шкале процент сухих веществ.

Массовую долю сухих веществ X в процентах вычисляют по формуле

$$X = \frac{am_1}{m} \cdot 100\%, \quad (32)$$

где a – показания рефрактометра; m_1 – масса раствора навески, г; m – масса навески, г.

30. Дескрипторы для описания органолептических показателей сгустков

Способ получения сгустка	Консистенция	Вкус и запах	Цвет	Рисунок
Кислотный	Нежная, мажущаяся, маслянистая	Чистый, кисло-молочный	От белого до желтого	Допускается наличие небольшого количества глазков и пустот неправильной формы
Кислотно-сычужный	Мягкая пластичная, слегка упругая, допускается слегка ломкая, крошащаяся	Чистый, кисло-молочный	От белого до желтого	Отсутствует
Термо-кислотный	Нежная, в меру плотная, корка морщинистая, со следами формы	Чистый, приятный, допускается слегка кисловатый, с выраженным вкусом и запахом пастеризации	От белого до слегка кремового	Отсутствует

31. Сводная таблица результатов анализов

Показатель	Кислотный способ	Кислотно-сычужный способ	Термокислотный способ
Масса молока, г			
Кислотность титруемая, град			
Плотность, г/см ³			
СОМО, %			
Массовая доля жира, %			
Массовая доля белка, %			
Масса сгустка, г			
Масса сыворотки, г			
Кислотность сыворотки, град			
Содержание сухих веществ в сыворотке, %			
Массовая доля влаги в сгустке, %			
ВУС			
Содержание сухих веществ в сгустке, %			
Выход сгустка от массы молока, г			
Выход сгустка от массы сухих веществ, г			

Вопросы для проверки

1. Какова технологическая роль процесса сквашивания в молочной промышленности?
2. Какие основные биохимические процессы протекают при производстве кисломолочных продуктов?
3. Приведите примеры микроорганизмов, вызывающих гомо- и гетероферментативное брожение.
4. В чем состоит принцип кислотной коагуляции казеина?
5. Перечислите этапы гелеобразования молочного сгустка.
6. Что такое синерезис и какова его роль в образовании сгустка?

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЫРЬЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА МЯСНОГО ПРОДУКТА

Цель работы: оценить влияние основных функционально-технологических свойств мясного фарша при введении в его состав различных добавок.

Материалы и приборы: образцы парной мышечной ткани говядины после жиловки мяса; функциональные пищевые добавки: пищевые фосфаты, крахмалсодержащие добавки, растительные белковые препараты-изоляты из сои, препараты пищевых волокон – пшеничные отруби; образцы мясных фаршей с различной массовой долей функциональных добавок, груз массой 1 кг, фильтровальная бумага, плексиглазовые пластинки, технические весы, жиромеры, стеклянные палочки, электрическая плитка, стеклянные стаканы (1000 см³), измельчитель (блендер).

Теоретические предпосылки

В мясоперерабатывающей промышленности применяется сырье, находящееся в разных термических состояниях: парное, охлажденное, замороженное, замороженное. Наибольшую ценность для производства натуральных полуфабрикатов представляет мясо, прошедшее процесс созревания в течение 7...10 сут.

Парное мясо рекомендуется для изготовления вареных колбас и соленых изделий из свинины. Белковые структуры такого мяса обладают высокой влагосвязывающей и эмульгирующей способностью, а коллаген демонстрирует наивысшую степень развариваемости, что обеспечивает высокий выход готовой продукции.

Процесс созревания мяса представляет собой сложный биохимический цикл, включающий три последовательные фазы: посмертное окоченение, его разрешение и глубокий автолиз. Эти преобразования обусловлены комплексом ферментативных реакций, приводящих к распаду клеточных белков, углеводов и липидов. В результате существенно изменяются ключевые технологические характеристики сырья: механическая прочность, водосвязывающая способность (ВВС), органолептические показатели (вкус, цвет, аромат, сочность) и устойчивость к микробиологической порче (табл. 32).

Биохимические изменения в мышечной ткани происходят на нескольких уровнях: прекращение аэробного энергетического обмена и активация анаэробных процессов; фосфоролиз и амилолиз гликогена с образованием молочной кислоты; снижение pH с 7,2...7,4 до 5,4...5,8; денатурация мышечных белков при приближении к изоэлектрической точке; активация окислительных процессов в липидной фракции. В автолизирующейся ткани распад АТФ преобладает над ресинтезом, происходит распад креатинфосфата исчезают

УТФ (уридинтрифосфат) и ГТФ (гуанозинтрифосфат). В тканях накапливаются фосфорная кислота, аммиак, рибоза, пуриновые и пиримидиновые соединения.

32. Изменения технологических свойств мяса при созревании

Вид мяса	Время, ч	Консистенция	ВВС	Механическая прочность	pH	Аромат
Парное	3...4	Пластичная	Высокая	Высокая	6,5...7,0	Нет
Созревание	Более 48	Нежная	Снижение	Снижение	5,5...5,6	Есть

После убоя мышцы расслаблены, но через несколько часов они теряют растяжимость и эластичность, становятся плотными – состояние послеубойного окоченения. Время окоченения зависит от температуры окружающей среды, породы, стрессоустойчивости, условий убоя. Так, при диапазоне температур 0...4 °С время окоченения тканей КРС составляет 24...48 ч, свиньи – 18...24 ч, куры – 2...4 ч. При высоких температурах окоченение происходит быстрее, при быстром охлаждении – задерживается.

Увеличение жесткости мышечных волокон обусловлено их беспорядочным сокращением, тогда как в живом организме сокращение волокон происходит под влиянием нервного импульса. После убоя в мышцах количество АТФ значительно, ионы кальция сопряжены с ретикулумом и митохондриями, нити актина и миозина – белки миофибрилл, скользят относительно друг друга. Парное мясо мягкое, температура около 37 °С.

Для чередующихся процессов сокращения и расслабления требуется энергия, расходуется АТФ, ресурсы которой в клетках истощаются. При уровне АТФ 75...80% энергии для скольжения нитей белков миозина и актина относительно друг друга недостаточно, они образуют ассоциацию актин-миозинового комплекса, и мышца становится жесткой, теряет растяжимость, и уменьшается ВСС. Процессы сокращения и расслабления продолжают до полного истощения энергии. Управление этими процессами осуществляет тропонин-тропомиозиновый комплекс при участии ионов Ca^{2+} . Также возрастает количество Ca^{2+} , который освобождается из ретикулума и митохондрий. Одним из простых, доступных и популярных способов, позволяющих направленно активировать деятельность протеолитических ферментов и задержать процесс образования актомиозинового комплекса, является введение в мясо после убоя растворов хлорида натрия, фосфатов, ферментных препаратов, бактериальных заквасок.

Далее наступает период созревания мяса (разрешение посмертного окоченения), который сопровождается повышением нежности и ВВС. Происходят процессы мышечной релаксации:

- ослабление агрегативного взаимодействия белковых молекул и удлинение саркомер;
- гидролитическая деструкция белков, повышение растворимости белков и реакционной способности различных химических групп;
- деградация белков коннектина (эластичный белок, связывающий нити миозина в саркомере) и десмина (белок, связывающий миофибриллы с клеточной мембраной), ослабление структуры соединительной ткани под действием свободных ионов кальция;
- нарушение внутриклеточных мембранных структур из-за выхода Ca_{2+} ;
- активизация ферментов лизосом.

Автолитические процессы, протекающие в тканях животного после прекращения жизни, инициируются различными внутриклеточными ферментами, содержащимися в тканях. Поэтому важно знать ферментные системы и биохимические процессы животных тканей в послеубойный период и при технологической обработке мяса.

Техника определения

В ходе лабораторных исследований решаются следующие задачи:

1) проводится оценка ключевых функционально-технологических показателей сырья, включая влагосвязывающую и влагоудерживающую способности, а также активную кислотность парного мяса говядины и свинины после созревания;

2) анализируется влияние различных функциональных добавок (фосфатных, крахмалсодержащих, растительных белковых) на органолептические показатели и выход готового продукта.

1. Определение массовой доли влаги. Для определения массовой доли общей влаги навеску мясной ткани массой $2,00 \pm 0,01$ г вносят в бумажный пакет размером 10×7 см с вкладышем из пергаментной бумаги и равномерно распределяют шпателем. Затем помещают в прибор ПИВИ, предварительно нагретый до 160 °С, и сушат в течение 5 мин. Пакет после высушивания охлаждают в эксикаторе, взвешивают с точностью $\pm 0,1$ г и рассчитывают массовую долю влаги. Результаты фиксируют и используют при расчете ВСС образцов.

2. Определение ВСС методом прессования. При использовании метода прессования навеску массой $0,30 \pm 0,01$ г взвешивают на аналитических весах на кружке из полиэтилена диаметром 15...20 мм. После этого ее переносят на обеззоленный фильтр диаметром 9...11 см, помещенный на стеклянную или плексигласовую пластинку так, чтобы навеска оказалась под полиэтиленовым кружком. Сверху навеску накрывают пластинкой такого же размера, как нижняя, устанавливают на нее груз массой 1 кг и выдерживают 10 мин. Фильтр с навеской освобождают от груза и нижней пластинки.

Карандашом очерчивают контур пятна вокруг спрессованного мяса, контур влажного пятна вырисовывается сам при высыхании фильтровальной бумаги на воздухе.

Площадь пятна, образованного адсорбированной влагой, вычисляют по разности между общей площадью пятна и площадью пятна, образованного мясом. Площади пятен, образованных спрессованным мясом и адсорбированной влагой, измеряют планиметром. Экспериментально установлено, что 1 см³ площади влажного пятна фильтра соответствует 8,4 мг воды.

Массовую долю связанной влаги по методу прессования вычисляют по формулам:

$$x_1 = (A - 8,4Б)100/m_0, \quad (33)$$

$$x_2 = (A - 8,4Б)100/Б, \quad (34)$$

где x_1 – массовая доля связанной влаги, % к массе образца; x_2 – то же, % к общей влаге; A – общая масса влаги в навеске, мг; $Б$ – площадь влажного пятна, образованного адсорбированной влагой, см³; m_0 – масса навески мяса, мг.

$$A = m_1 - m_2, \quad (35)$$

где m_1 – масса навески с пакетом до высушивания в аппарате Чижовой или ВЧ; m_2 – то же, после высушивания.

3. Определение ВУС. Образец массой $5,00 \pm 0,01$ г равномерно наносят стеклянной палочкой на внутреннюю поверхность широкой части молочного жиромера. Жиромер плотно закрывают пробкой и помещают узкой частью вниз на водяную баню при температуре кипения на 15 мин. Массу выделившейся влаги определяют расчетным путем по числу делений на шкале жиромера.

Влагоудерживающая способность мяса ВУС, %:

$$\text{ВУС} = В - \text{ВВС}. \quad (36)$$

Влаговыделяющая способность ВВС, %:

$$\text{ВВС} = a n m - 1, \quad (37)$$

где $В$ – общая массовая доля влаги в навеске, %; a – цена деления жиромера; $a = 0,01$ см³; n – число делений; m – масса навески, г.

4. Определение рН. Навеску каждого образца фарша массой $10,00 \pm 0,02$ г экстрагируют дистиллированной водой в соотношении 1:10 в течение 30 мин при температуре 20 ± 5 °С, перемешивают и фильтруют через складчатый бумажный фильтр. Определяют рН фильтрата на потенциометре (рН-метре) любой марки. Результаты фиксируют.

1. Определяют показатели качества образцов мяса говядины и свинины в парном состоянии. Пробы мышечной ткани по 250...300 г разных видов

мяса (говядина и свинина) режут на мелкие кусочки ножом, затем помещают в чашу измельчителя и обрабатывают до состояния фарша.

2. Отбирают массу каждого вида мяса в количестве 30 г для проведения анализов: массовая доля влаги методом высушивания, ВСС, ВУС, рН. Результаты вносят в табл. 36.

3. Отделяют часть массы фарша 300 г, размещают в холодильнике для созревания в течение 2 сут при температуре 0...4 °С.

4. Готовят 200 г фарша по рецептуре, представленной в табл. 33.

33. Состав контрольного образца фарша

Компоненты	Дозировка, %
Говядина жилованная 1-го сорта	60
Свинина жилованная нежирная	37
Соль поваренная пищевая	2,7
Сахар-песок или глюкоза	0,2
Перец черный или белый молотый	0,1

Полученный фарш разделяют на пять равных долей по 40 г, в четыре вносят добавки, согласно табл. 34, одна часть – контрольная, без добавок.

34. Рекомендуемые функциональные добавки к фаршу

Добавки	Дозировки к массе фарша, %					
	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
Пищевые фосфаты	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
Крахмалсодержащие	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	7,0
Растительные белковые препараты	2	5	10	15	20	25
Изолированные препараты пищевых волокон	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50

Из фарша формируют по 2 фрикадельки массой 20 г, массу изделий фиксируют. Проводят их термообработку в воде в течение 10 мин до достижения кулинарной готовности. Готовые продукты обсушивают и взвешивают. Массовый выход продуктов X , %, рассчитывают по формуле

$$X = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100\%, \quad (38)$$

где m_1 – масса фрикаделек после варки, г; m_0 – масса фрикаделек до варки, г.

После термообработки также определяют органолептические показатели (внешний вид, сочность, нежность изделий), полученные результаты выражают в баллах (табл. 35).

Полученные экспериментальные данные о функциональных свойствах мясных фаршей, выходе и органолептических показателях изделий с различной массовой долей функциональных добавок вносят в табл. 37.

35. Балловая оценка органолептических показателей мяса и мясопродуктов

Баллы	Внешний вид	Запах	Вкус	Консистенция (нежность, жесткость)	Сочность	Общая оценка качества
9	Очень приятный	Очень приятный и сильный	Очень вкусное	Очень нежное	Очень сочное	Отличное
8	Очень хороший	Приятный и сильный	Вкусное	Нежное	Сочное	Очень хорошее
7	Хороший	Приятный, но недостаточно сильный	Достаточно вкусное	Достаточно нежное	Достаточно сочное	Хорошее
6	Недостаточно хороший	Недостаточно ароматный	Недостаточно вкусное	Недостаточно нежное	Недостаточно сочное	Выше среднего
5	Удовлетворительный	Удовлетворительный	Удовлетворительное	Средняя	Средняя	Среднее
4	Немного непривлекательный	Без аромата	Безвкусное	Жестковатая	Суховатое	Ниже среднего
3	Неприятный	Немного неприятный	Немного неприятное	Немного жесткая	Немного сухое	Плохое (приемлемо)
2	Неприемлемый	Плохой посторонний	Очень неприятное	Жесткая	Сухое	Плохое (неприемлемо)
1	Совершенно неприемлемый	Очень неприятный, посторонний	Очень плохое, неприятное	Очень жесткая	Очень сухое	Очень плохое (совершенно неприемлемо)

По полученным экспериментальным данным строят графические зависимости или диаграммы изменения функциональных свойств фаршей в зависимости от массовой доли вносимых пищевых добавок; выявляют закономерности (рис. 26).

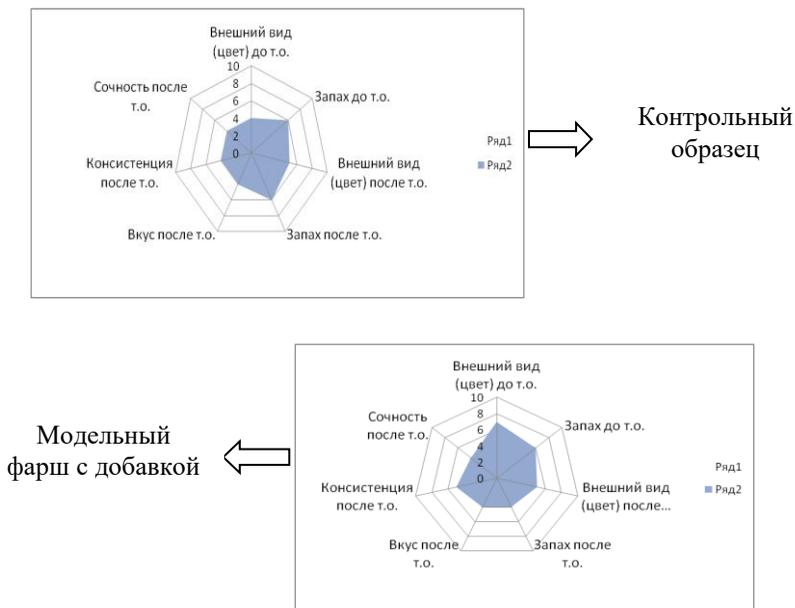


Рис. 26. Образцы графического оформления результатов органолептической оценки готового продукта

Результаты исследований

36. Сводная таблица результатов анализа физико-химических показателей образцов

Вид мяса	Массовая доля влаги, %	ВСС	ВУС	pH
Парное:				
– говядина				
– свинина				
Созревшее:				
– говядина				
– свинина				

37. Сводная таблица экспериментальных данных

Наименование показателей	Образцы				
	Контрольный образец	С добавкой (указать наименование и массовую долю)			
Выход, %					
Органолептическая оценка в баллах:					
Внешний вид (цвет)					
Запах					
Консистенция					
Сочность					
Суммарная органолептическая оценка в баллах					

Вопросы для проверки

1. Какие технологические преимущества парного мяса обуславливают его использование для производства конкретных видов мясной продукции?
2. Какие технологические характеристики мяса претерпевают изменения в процессе его созревания?
3. В чем заключается сущность методов определения технологических свойств мяса?
4. Какие биохимические механизмы лежат в основе восстановления нежности мяса в процессе его созревания?
5. Какие компоненты мясного сырья являются определяющими факторами формирования вкусоароматических характеристик готовых изделий?
6. Какими способами можно увеличить выход готовой продукции при переработке мясного сырья?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящий лабораторный практикум по пищевой биотехнологии является неотъемлемой составляющей образовательного процесса и разработан в полном соответствии с действующим ФГОС ВО для направлений подготовки 19.03.01 «Биотехнология» и 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья».

Структура лабораторного практикума включает три ключевых модуля: «Биотехнология бродильных производств», «Биотехнология хлебопекарных производств» и «Биотехнологические основы переработки животного сырья в продукты питания».

Содержательное наполнение практикума объединяет теоретические основы и практические методы работы с современным оборудованием, исследования трансформации состава и свойств сырья на различных стадиях переработки, моделирования биотехнологических процессов, а также комплексной оценки качества продуктов питания. Формат выполнения и защиты лабораторных работ предусматривает оформление протокола и ответы на контрольные вопросы, что способствует систематизации полученных знаний и развитию навыков анализа экспериментальных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумова, Е. А. Пищевая биотехнология: лабораторный практикум : учебное пособие / Е. А. Абакумова, А. Д. Лодыгин // Лань: электронно-библиотечная система. – Ставрополь : СКФУ, 2020. – 118 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/386639>
2. Алексанян, К. А. Технология производства фруктово-ягодных натуральных вин / К. А. Алексанян, Л. А. Ткачук ; под общ. ред. З. В. Ловкиса. – Минск : Беларус. наука, 2012. – 246 с.
3. Баланов, П. Е. Технология броидильных производств : учебно-методическое пособие / П. Е. Баланов. – СПб. : НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 65 с.
4. Бредихин, С. А. Технология и техника переработки молока : учебное пособие / С. А. Бредихин. – М. : Изд-во НИЦ ИНФРА-М, 2025. – 443 с.
5. Влащик, Л. Г. Химия и технология вина : практикум / Л. Г. Влащик, С. М. Горлов, Е. И. Мигина. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 81 с.
6. Горбатова, К. К. Химия и физика молока : учебник для вузов / К. К. Горбатова. – СПб. : ГИОРД, 2003. – 288 с.
7. Горбатова, К. К. Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов / К. К. Горбатова. – СПб. : ГИОРД, 2003. – 352 с.
8. Голубева, Л. В. Практикум по технологии молока и молочных продуктов. Технология цельномолочных продуктов : учебное пособие для вузов / Л. В. Голубева, О. В. Богатова, Н. Г. Догарева. – 4-е изд., испр. – СПб. : Лань, 2022. – 360 с.
9. Зверева, Л. Ф. Технология и технохимический контроль хлебопекарного производства / Л. Ф. Зверева, З. С. Немцова, Н. П. Волкова. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 416 с.
10. Зипаев, Д. В. Биотехнология пищевых продуктов : лабораторный практикум / Д. В. Зипаев // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. – 50 с. – URL : <https://www.iprbookshop.ru/105198.html>
11. Ковалевский, К. А. Технология броидильных производств : учебное пособие / К. А. Ковалевский. – Киев : Фирма «ИНКОС», 2004. – 340 с.
12. Курако, У. М. Технология мяса и мясных продуктов : методическое пособие к практическим занятиям / У. М. Курако. – Саратов : ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013. – 78 с.
13. Мальцев, П. М. Технология броидильных производств : учебник / П. М. Мальцев. – 2-е изд., перераб. и доп.– М. : Пищевая промышленность, 1980. – 560 с.

14. Неверова, О. А. Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения : учебник / О. А. Неверова, Г. А. Гореликова, В. М. Позняковский. – Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2007. – 215 с.
15. Практикум по технологии хлеба, кондитерских и макаронных изделий (технология хлебобулочных изделий / Л. П. Пашенко, Т. В. Санина, Л. И. Столярова и др. – М. : КолосС, 2007. – 415 с.
16. Пермякова, Л. В. Основы производства продуктов брожения : учебное пособие / Л. В. Пермякова, Т. Ф. Киселева ; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2005. – 136 с.
17. Пучкова, Л. И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства / Л. И. Пучкова. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 264 с.
18. Рогов, И. А. Технология мяса и мясопродуктов : учебник / И. А. Рогов. – М. : Колос, 2009. – 376 с.
19. Рябичева, А. Е. Пищевая биотехнология: учебно-методическое пособие / А. Е. Рябичева, В. А. Стрельцов // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – Брянск : Брянский государственный аграрный университет, 2022. – 53 с. – URL : <https://www.iprbookshop.ru/138505.html>
20. Соболев, Э. М. Технология натуральных и специальных вин : учебное пособие для студентов вузов / Э. М. Соболев. – Майкоп : ГУРИПП «Адыгея», 2004. – 400 с.
21. Технология виноделия: методические указания / сост. : Б. В. Бурцев, Е. С. Романенко, Е. А. Сосюра и др. ; Ставропольский государственный аграрный университет: Кафедра плодоовощеводства, виноградарства и виноделия. – Ставрополь : Изд-во АГРУС, 2013 – 59 с.
22. Технология спирта / В. Л. Яровенко, В. А. Маринченко, В. А. Смирнов и др. ; под ред. проф. В. Л. Яровенко. – М. : Колос, «Колос-пресс», 2002. – 465 с.
23. Фараджева, Е. Д. Общая технология бродильных производств / Е. Д. Фараджева, В. А. Федоров. – М. : КолосС, 2002. – 408 с.
24. Чижикова, О. Г. Технология производства хлеба и хлебобулочных изделий : учебник для вузов / О. Г. Чижикова, Л. О. Коршенко // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2025. – 251 с. – URL : <https://urait.ru/bcode/561980>
25. Яромич, Л. П. Технология виноделия: конспект лекций / Л. П. Яромич. – Могилев : МГУП, 2006. – 145 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. БИОТЕХНОЛОГИЯ БРОДИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ	4
Лабораторная работа № 1. Влияние условий проращивания на активность амилаз солода	4
Лабораторная работа № 2. Определение показателей качества солода	9
Лабораторная работа № 3. Исследование влияния условий затирания на физико-химические свойства сусла	16
Лабораторная работа № 4. Определение показателей качества пива ...	21
Лабораторная работа № 5. Влияние концентрации сахара в сусле на выход этанола при спиртовом брожении	24
2. БИОТЕХНОЛОГИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПРОИЗВОДСТВ	31
Лабораторная работа № 6. Исследование свойств пшеничной муки ...	31
Лабораторная работа № 7. Исследование показателей качества хлебопекарных дрожжей	40
Лабораторная работа № 8. Влияние различных способов приготовления теста из пшеничной муки на свойства тестовых полуфабрикатов	46
Лабораторная работа № 9. Оценка качества хлебобулочных изделий	54
3. БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ В ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ	65
Лабораторная работа № 10. Определение показателей качества молока	65
Лабораторная работа № 11. Микробиологические показатели качества молока	70
Лабораторная работа № 12. Изучение способов сквашивания молока	74
Лабораторная работа № 13. Влияние технологических свойств сырья и функциональных добавок на свойства мясного продукта	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	93
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	94

Учебное электронное издание

СМОЛИХИНА Полина Михайловна
АПАРШЕВА Вера Викторовна
ХАБАРОВА Елена Владимировна
ЗЮЗИНА Ольга Владимировна
ХАРЛАМОВА Оксана Сергеевна

ПИЩЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

Лабораторный практикум

Редактор Л. В. Комбарова
Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зотова
Обложка, тиражирование, упаковка Л. В. Комбарово́й

ISBN 978-5-8265-2930-0



Подписано к использованию 18.08.2025.

Тираж 50 экз. Заказ № 92

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14

Тел. 8(4752) 63-81-08;

E-mail: izdatelstvo@tstu.ru