



Е. В. Зубова, Т. В. Залетова, Т. М. Воробьева

БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Учебно-методическое пособие
к выполнению лабораторных работ



Нижний Новгород
2026

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный агротехнологический
университет имени Л. Я. Флорентьева»

Е. В. Зубова, Т. В. Залетова, Т. М. Воробьева

БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Учебно-методическое пособие
к выполнению лабораторных работ

Нижний Новгород
2026

УДК 663
ББК 36
Б 63

Рецензент:

Крутова Е. К. — почетный работник высшего образования России, кандидат биологических наук, доцент (ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ им. Л. Я. Флорентьева).

Зубова Е. В., Залетова Т. В., Воробьева Т. М. Биотехнология продуктов питания из растительного сырья: Учебно-методическое пособие / Е. В. Зубова, Т. В. Залетова, Т. М. Воробьева // ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева». — Н. Новгород, 2026. — 84 с.

ISBN 978-5-6055450-6-4

Приведены сведения о современных методиках исследования некоторых видов растительного сырья и продуктов из него, в основе получения которых лежат биотехнологические процессы. Приведены вопросы для рефлексии.

Предназначено для студентов (бакалавриат), обучающихся по направлению подготовки 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции».

Рекомендовано к изданию решением методического совета ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева».

УДК 663
ББК 36
Б 63

ISBN 978-5-6055450-6-4

© ФГБОУ ВО Нижегородский
ГАТУ им. Л. Я. Флорентьева,
2026 г.

© Е. В. Зубова, Т. В. Залетова,
Т. М. Воробьева, 2026 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Общие указания	6
Компетенции, осваиваемые обучающимися в процессе выполнения лабораторных работ	6
Тема 1. Определение качества дрожжей хлебопекарных прессованных	7
1.1. Общие сведения	7
1.2 Приемка и методы отбора проб дрожжей прессованных	8
1.3 Органолептическая оценка качества дрожжей прессованных	9
1.4 Анализ физико-химических показателей дрожжей хлебопекарных прессованных	10
1.5 Определение бродильной активности дрожжей	15
Тема 2. Производство хлебного кваса в производственных и лабораторных условиях	18
2.1 Общие сведения	18
2.2 Приготовление квасного сусла	19
2.3 Брожение квасного сусла	20
2.4 Купажирование хлебного кваса	23
2.5 Розлив хлебного кваса	23
2.6 Лабораторное приготовление кваса	24
Тема 3. Оценка качества хлебного кваса	25
3.1 Органолептическая оценка кваса	26
3.2 Физико-химические показатели напитка	26
Тема 4. Использование ферментных препаратов в технологии производства фруктово-ягодных соков	31
4.1 Общие сведения	31
Тема 5. Определение активности каталазы	35
5.1 Общие сведения	35
5.2 Количественное определение активности каталазы	36
5.3 Определение активности каталазы экспресс-методом	37
Тема 6. Биотехнология бродильных процессов в производстве квашеной капусты	38
6.1 Общие сведения	38
6.2 Приготовление экспериментального образца квашеной капусты	39
6.3 Изучение микробиологического состава образца	39

Тема 7. Биотехнология бродильных процессов при производстве солёных огурцов	41
7.1 Общие сведения	41
7.2 Приготовление экспериментального образца соленых огурцов	41
7.3 Определение титруемой кислотности рассола соленых огурцов	42
Тема 8. Исследование биотехнологических свойств муки и теста.....	44
8.1 Определение активности протеолитических ферментов муки	44
8.2 Определение автолитической активности муки по показателю «число падения»	45
8.3 Определение автолитической активности автолизом	48
8.4 Определение наличия α -амилазы в пшеничной муке.....	51
8.5. Определение активности α -амилазы в муке и зерновых продуктах.....	52
8.6 Определение сахарообразующей способности муки	59
8.7 Определение активности липоксигеназы муки.....	63
8.8 Определение газообразующей способности муки.....	65
8.9 Определение газодерживающей способности теста	67
8.10 Определение зараженности муки картофельной болезнью.....	70
Тема 9. Оценка качества солода.....	72
9.1 Определение активности амилолитических ферментов	72
9.2 Метод определения амилолитической активности	74
9.3 Метод раздельного определение активности α - и β -амилаз солода ...	76
9.4 Определение продолжительности осахаривания сусла.....	77
Словарь употребляемых понятий и терминов	79
Нормативная документация	81
Используемая литература	82

Введение

Пищевая биотехнология является одним из важнейших разделов биотехнологии. В течение тысячелетий люди успешно получали хлеб, уксус, спиртные напитки и другие продукты, не зная о том, что в основе лежит метод микробиологической ферментации. С помощью пищевой биотехнологии в настоящее время получают такие пищевые продукты, как пиво, вино, спирт, хлеб, уксус, кисломолочные продукты, сыровяленые мясные продукты и многие другие. Кроме того, пищевая биотехнология используется для получения веществ и соединений, используемых в пищевой промышленности: это лимонная, молочная и другие органические кислоты; ферментные препараты различного действия — протеолитические, амилолитические, целлюлолитические; аминокислоты и другие пищевые и биологически активные добавки. Обширная научная база о составе пищевых продуктов, свойствах нутриентов, способах модификации микроорганизмов и их ключевых метаболитов — ферментов — позволяет целенаправленно придавать продукту необходимые свойства, сократить количество стадий процесса и проводить их в более мягких условиях, увеличить выход готового продукта, уменьшить образование побочных веществ.

Практикум содержит методические указания по выполнению лабораторных работ, связанных с определением качества дрожжей семейства *Saccharomyces cerevisiae* — основных микроорганизмов, используемых в производстве продуктов питания из растительного сырья, в основе производства которых лежит реакция брожения; приготовлению и оценке качества кваса; определению биотехнологических свойств муки, теста; биотехнологических основах производства соленых и квашеных овощей. Приведен пример расчета дозы ферментного препарата и его влияние на ход технологического процесса и качество готового продукта.

Описание каждой работы сопровождается теоретическим введением и контрольными вопросами для закрепления материала.

Общие указания

Учебно-методическое пособие имеет своей целью:

- закрепление, дополнение и уточнение теоретических знаний студента;
- овладение им методами исследования и контроля качества пищевых ингредиентов и готовых продуктов;
- подготовку к выполнению курсовых, выпускных квалификационных и научных работ.

Компетенции, осваиваемые обучающимися в процессе выполнения лабораторных работ

ПК-5: способен реализовывать технологии переработки и хранения продукции растениеводства.

ПК-8: способен осуществлять контроль качества и безопасность сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки.

1

Определение качества дрожжей хлебопекарных прессованных

1.1. Общие сведения

Дрожжи — одноклеточные грибы, примечательные своей способностью к сбраживанию. В производствах пищевых продуктов они играют огромную роль, так как эта их способность используется человеком в различных биотехнологических процессах.

Дрожжи и дрожжеподобные грибы относят к классам аскомицетов (сумчатые, подкласс голосумчатые), базидиомицетов (небольшая часть дрожжей) и дейтеромицетов. К классу *Ascomycetes* относят эндомицетовые — дрожжеподобные сумчатые грибы, образующие эндоспоры (*Endomycetales*). Как и все грибы, дрожжи неподвижны, широко распространены в природе: встречаются в почве, на растениях, в разнообразных сахаросодержащих субстратах. Способность дрожжей вызывать спиртовое брожение привела к широкому использованию этих микроорганизмов в промышленности. Однако самопроизвольное развитие дрожжей в сахаросодержащих субстратах вызывает их порчу (вспучивание, забраживание, изменение запаха и вкуса).

Форма клеток дрожжей бывает различная, но преимущественно круглая и овальная (рисунок 1). Встречаются дрожжи цилиндрические, лимбовидные, треугольные, серповидные. По размерам дрожжи бывают



Рисунок 1. Форма клеток дрожжей (увеличение)

от 5 до 10–15 мкм (встречаются и до 30 мкм длиной). Интересно, что размеры и форма дрожжевых клеток изменяются в зависимости от возраста и условий развития. У культурных дрожжей (т. е. специально выведенных и культивируемых) способность к спорообразованию ослаблена, а иногда они вообще «не умеют» образовывать споры. В промышленности наиболее широко используют два вида дрожжей рода *Saccharomyces*: *S. cerevisiae* применяют при производстве пищевого спирта, в пивоварении, хлебопечении и др., *Saccharomyces ellipsoideus* используют преимущественно в виноделии.

При безупречных внешних свойствах дрожжи должны быть прочными и что самое основное — хорошо сбраживать в предоставляемых им условиях. У дрожжей должны быть хорошие и здоровые запах и вкус.

Содержание белков в дрожжах колеблется в широких пределах — от 35 до 66 % сухого вещества. Содержание жира в хороших дрожжах должно быть умеренным. Много жира образуется при сильной вентиляции дрожжей и связано с бедностью белком и плохой бродительной способностью.

1.2 Приемка и методы отбора проб дрожжей прессованных

Отбор проб и выделение навесок для анализа производят в соответствии с правилами, указанными в ГОСТ Р 54731–2011 «Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия».

Приемка

Хлебопекарные прессованные дрожжи принимают партиями. Партией считается любое количество хлебопекарных прессованных дрожжей одного срока годности и одного сорта продукции, сопровождаемое одним документом, удостоверяющим качество и безопасность продукции.

Отбор проб

Для проведения испытаний из партии дрожжей осуществляют выборку путем отбора точечных проб из 5 % единиц транспортной тары, при этом контролируют не менее четырех единиц и не более 20. Масса точечной пробы должна быть не менее 50 г в пересчете на дрожжи массовой долей сухого вещества 27 % или 25 % (в зависимости от сорта). Точечные пробы смешивают и получают объединенную пробу. Масса объединенной пробы должна быть не менее 200 г в пересчете на дрожжи массовой долей сухого вещества 27 % или 25 % (в зависимости от сорта). Если объединенная проба больше, то ее сокращают до средней пробы массой 200 г.

Среднюю пробу делят на две равные части. Одна часть предназначена для проведения испытаний, а другую часть (контрольную пробу) помещают в стеклянную банку с плотно пригнанной крышкой и хранят на предприятии-изготовителе в бытовом холодильнике при температуре от 0 °С до 4 °С на случай арбитражного анализа. Контрольная проба должна быть снабжена ярлыком с указанием номера и массы партии, даты выработки дрожжей и взятия пробы, фамилии, должности и подписи лиц, отбравших пробу.

1.3 Органолептическая оценка качества дрожжей прессованных

Определение внешнего вида и цвета

Метод заключается в визуальном определении внешнего вида и цвета дрожжей при рассеянном дневном освещении или при свете люминесцентных ламп типа ЛД по ГОСТ 6825.

Определение запаха и вкуса

Метод заключается в определении запаха и вкуса дрожжей органолептически при температуре 20 °С.

Запах хороших прессованных дрожжей свеж и приятен, чуть-чуть кисловат; вкус пресный, мягкий и чистый. Резкая кислота, какая чувствуется в старом, плохо заправленном тесте, указывает на заражение уксуснокислыми бактериями. Нечистый, слегка затхлый запах указывает на начинающееся гниение. Характеристика органолептических показателей дрожжей представлена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика органолептических показателей дрожжей прессованных

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид	Плотная масса, легко ломается и не мажется
Цвет	Равномерный, без пятен, светлый, допускается сероватый, кремоватый или желтоватый оттенок
Вкус	Пресный, свойственный дрожжам, без постороннего привкуса
Запах	Свойственный дрожжам

Словесную характеристику исследуемых образцов дрожжей хлебопекарных прессованных следует сравнить с требованиями настоящего

стандарта и сделать заключение о соответствии/несоответствии ГОСТ Р 54731–2011.

1.4 Анализ физико-химических показателей дрожжей хлебопекарных прессованных

К физико-химическим показателям дрожжей хлебопекарных прессованных относятся: массовая доля сухого вещества, подъёмная сила, кислотность, стойкость дрожжей.

Определение массовой доли сухого вещества дрожжей необходимо для оценки качества продукта.

Важно знать этот показатель для выполнения:

- контроля соответствия стандартам: если значения показателя отличается от норм стандарта, это может говорить о повышенной влажности продукта, что может быть вызвано нарушениями технологического режима производства, транспортирования и хранения;
- контроля технологического процесса: при выращивании дрожжей важно следить за концентрацией сухих веществ, чтобы регулировать режим питания дрожжей и контролировать правильность проводимого технологического процесса.
- оценки стойкости дрожжей при хранении: чем выше влажность продукта, тем менее стойки дрожжи при хранении и более подвержены бактериальному и грибному заражению.

Таким образом, определение массовой доли сухого вещества дрожжей помогает гарантировать качество продукта и его соответствие установленным нормам и стандартам.

Подъёмная сила дрожжей — это продолжительность подъёма теста, приготовленного в определённых условиях, на определённый уровень. Подъёмная сила дрожжей — основной показатель их качества. Чем быстрее дрожжи поднимают тесто, тем выше их качество.

На быстроту подъёма теста дрожжами влияют следующие факторы:

- свойства данной расы дрожжей;
- чистота дрожжей;
- полноценность питательной среды, на которой они выращивались;
- условия выращивания (температура, рН среды, степень аэрации);
- химический состав дрожжей (с уменьшением содержания белка понижается подъёмная сила дрожжей).

Кислотность прессованных хлебопекарных дрожжей влияет на их качество, так как высокая кислотность свидетельствует о заражённости дрожжей кислотообразующими бактериями. Повышенная кислотность также может быть обусловлена увеличением влажности продукта.

Определение массовой доли сухого вещества (арбитражный метод)

Вспомогательные устройства и материалы. Весы с погрешностью не более $\pm 0,15$ мг, нож, сетка с размером диаметра отверстий 2–3 мм, чашечка фарфоровая и пестик, шпатель, шкаф сушильный лабораторный электрический с терморегулятором с погрешностью стабилизации температуры ± 1 °С, эксикатор, стаканчики стеклянные для взвешивания или металлические бюксы с крышками с внутренними размерами диаметра 45 мм, высоты 20 мм, щипцы тигельные.

Подготовка к анализу. Бюксы помещают в сушильный шкаф, предварительно нагретый до температуры 105 °С, просушивают и тарируют. Если бюксы металлические, крышки подкладывают под дно, если бюксы стеклянные — помещают рядом.

Проведение анализа. Часть средней пробы прессованных дрожжей (не менее 10 г) измельчают ножом или сеткой, отбирают две анализируемые пробы по 1,5 г с погрешностью не более 0,01 г каждая, в заранее просушенные и протарированные металлические или стеклянные бюксы и сушат в сушильном шкафу в открытых бюксах при температуре 105 °С до постоянной массы. В процессе сушки в сушильных шкафах допускается отклонение от установленной температуры не более 2 °С. Первое взвешивание проводят через 4 ч высушивания, второе и последующие с интервалом в 1 ч. Перед каждым взвешиванием бюксы закрывают крышками и переносят в эксикатор для охлаждения не менее чем на 20 мин и не более чем на 2 ч. Постоянной считают массу, если разница между двумя взвешиваниями не превышает 0,001 г.

Обработка результатов. Массовую долю сухого вещества X , %, вычисляют по формуле:

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

где m — масса анализируемой пробы с бюксой до высушивания, г;
 m_1 — масса анализируемой пробы с бюксой после высушивания, г;
 m_2 — масса бюксы, г.

Результаты вычисляют с точностью до 0,1 %. За окончательный результат анализа принимают среднеарифметическое результатов двух параллельных определений, допускаемое расхождение между которыми не должно превышать 0,5 %.

Определение массовой доли сухого вещества дрожжей (ускоренный способ)

Метод предназначен для определения массовой доли сухого вещества дрожжей (СВ) ускоренным способом с применением электронных анализаторов влажности. При этом используют термогравиметрический метод — определение разности массы вещества в первоначальном состоянии и после полного высушивания с использованием прибора инфракрасного (теплого) излучения.

Массовая доля сухого вещества должна быть не менее 27 % для дрожжей высшего сорта, не менее 25 % — для дрожжей первого сорта.

Определение подъемной силы

Вспомогательные устройства и материалы. Весы с пределом погрешностью не более $\pm 0,15$ мг, термостат с точностью регулирования температуры ± 1 °С, чашка эмалированная хозяйственная, металлическая форма, представляющая собой трапецию, чашка фарфоровая, секундомер с емкостью шкалы счетчика 1 мин, ценой деления 0,2 с и погрешностью ± 1 с, мука пшеничная, соль поваренная, водный раствор массовой долей 2,5 %, растительное масло, термометр ртутный стеклянный лабораторный с диапазоном температур от 0 °С до 50 °С, ценой деления шкалы 0,5 °С, цилиндры 1–100–2, 1–250–2.

Подготовка к анализу. В термостат с температурой 35 °С помещают на 2 ч 280 г пшеничной муки, 160 см³ водного раствора поваренной, эмалированную чашку, металлическую форму, смазанную растительным маслом.

Проведение анализа. От средней пробы отбирают и взвешивают 5 г дрожжей, переносят в фарфоровую чашку. Затем приливают 15–20 см³ приготовленного раствора поваренной соли и перемешивают до исчезновения комочков. Разведенные дрожжи переносят в эмалированную чашку. Оставшимся раствором поваренной соли ополаскивают фарфоровую чашку и переносят его в эмалированную чашку, после чего туда добавляют 280 г согретой пшеничной муки. Этот момент отмечают по секундомеру и в течение 5 мин интенсивно замешивают тесто вручную.

Затем тесту придают форму батона и переносят в металлическую форму, предварительно нагретую в термостате при температуре 35 °С и смазанную растительным маслом. Затем на длинные борта формы навешивают поперечную железную перекладину, входящую в форму на 1,5 см. Форму переносят в термостат, в котором поддерживают температуру (35±2) °С.

Обработка результатов. Подъемная сила дрожжей характеризуется временем, прошедшим с момента внесения теста в форму до момента прикосновения его к нижнему краю перекладки, т. е. подъемом теста до 70 мм.

Определение подъемной силы дрожжей (ускоренный метод)

Вспомогательные устройства и материалы. Термостат с точностью регулирования температуры ±1 °С, весы с погрешностью ±0,15 мг, чашка фарфоровая, стакан химический, шпатель, пестик, соль поваренная, пипетки стеклянные, термометр ртутный стеклянный лабораторный с диапазоном измерения температур от 0 °С до 50 °С с ценой деления шкалы 0,5 °С.

Проведение анализа. От средней пробы отбирают и взвешивают 0,31 г дрожжей, переносят в фарфоровую чашку, приливают 4,8 см³ приготовленного раствора поваренной соли (водный раствор массовой долей 2,5 %), нагретого до 35 °С, и тщательно перемешивают шпателем или пестиком. К полученному раствору добавляют 7 г муки, замешивают тесто и придают ему форму шарика. Шарик опускают в стакан с водой, нагретой до температуры 35 °С, и помещают в термостат с той же температурой.

Обработка результатов. Подъемная сила дрожжей характеризуется временем, прошедшим с момента опускания шарика в воду до момента его всплывания. Время подъема шарика в минутах умножают на коэффициент 3,5, полученный эмпирически, для определения подъемной силы.

Подъемная сила дрожжей в день выработки должна составлять для дрожжей высшего сорта не более 50 мин, для дрожжей первого сорта — не более 60 мин.

Определение кислотности

Вспомогательные устройства и материалы. Весы с погрешностью ±0,15 мг, чашка фарфоровая, стакан химический, натрия гидроокись (раствор молярной концентрацией $C(\text{NaOH})=1$ моль/дм³, х. ч.), коническая колба, фенолфталеин 1 %-й спиртовой раствор, вода дистиллированная.

Проведение анализа. От средней пробы отбирают и взвешивают на алюминиевой пластинке или чашке 10 г дрожжей. Анализируемую пробу переносят в сухую фарфоровую чашку, стакан или коническую колбу, добавляют 50 см³ дистиллированной воды, тщательно перемешивают, взбалтывая до получения однородной массы, и титруют раствором гидроокиси натрия молярной концентрацией $C = 0,1$ моль/дм³ в присутствии индикатора фенолфталеина до появления розового окрашивания, не исчезающего в течение нескольких секунд.

Обработка результатов. Кислотность дрожжей в пересчете на уксусную кислоту H , мг/100 г дрожжей, вычисляют по формуле

$$H = \frac{V \cdot 6 \cdot 100 \cdot K}{10},$$

где V — объем раствора гидроокиси натрия молярной концентрацией $c=0,1$ моль/дм³, израсходованный на титрование, см³;

6 — количество уксусной кислоты, соответствующее 1 см³ раствора гидроокиси натрия молярной концентрацией $c=0,1$ моль/дм³, мг;

100 — переводной коэффициент;

K — поправочный коэффициент раствора гидроокиси натрия молярной концентрацией $c = 0,1$ моль/дм³.

Вычисление проводят с точностью до целого числа.

Кислотность дрожжей в пересчете на уксусную кислоту в день выработки для дрожжей высшего сорта должна составлять не более 55 мг на 100 г дрожжей, первого сорта — не более 90 мг на 100 г дрожжей.

Кислотность дрожжей на 30-е сутки хранения при температуре от 0 °С до 4 °С в пересчете на уксусную кислоту определяется у дрожжей высшего сорта — не более 320 мг на 100 г дрожжей. У дрожжей первого сорта определяется кислотность на 12-е сутки хранения при температуре от 0 °С до 4 °С, должна быть не более 300 мг на 100 г дрожжей (в пересчете на уксусную кислоту).

Определение стойкости

Вспомогательные устройства и материалы. Термостат с точностью регулирования температуры ± 1 °С.

Проведение анализа. Взятую из выборки в день выработки отформованную пачку дрожжей массой 1 кг, предварительно охлажденную до температуры 4 °С, помещают в термостат при (35 ± 2) °С и хранят ее до полного размягчения.

Обработка результатов. Время, прошедшее с момента помещения дрожжей в термостат до их размягчения, характеризует стойкость дрожжей и выражается в часах.

Для дрожжей высшего сорта стойкость должна быть не менее 72 ч, первого сорта — не менее 60 ч.

Полученные данные по физико-химическим показателям качества исследуемых образцов дрожжей хлебопекарных прессованных следует сравнить с требованиями настоящего стандарта и сделать заключение о соответствии/несоответствии ГОСТ Р 54731–2011.

1.5 Определение бродильной активности дрожжей

Бродильная активность дрожжей — это способность дрожжей превращать сахар в спирт и углекислый газ. Бродильная активность дрожжей определяется для оптимизации процесса брожения, что позволяет получить продукт с заданными характеристиками качества.

Бродильную активность дрожжей определяют по газообразованию при внесении в полуфабрикат навески сахарозы из расчета 2 % к массе пробы. Внесение сахарозы в пробу полуфабриката позволяет определить потенциальную активность дрожжей, что особенно важно для выброженных полуфабрикатов, где активность газообразования понижается вследствие недостатка в среде сахара.

В данном методическом указании приведено определение бродильной активности на приборе Елецкого.

Прибор изготовлен из стекла и состоит из следующих частей:

- стаканчика для бродящей массы полуфабриката, который закрывается чашкой с притертыми стенками, припаянной к нижней части манометра (диаметр стаканчика 50 мм, высота 60 мм, диаметр и высота чашки — соответственно 50 и 20 мм);
- манометра, представляющего собой трубку для прохождения газа, с краном (диаметр манометра 45 мм, высота 60 мм). Манометрическая трубка служит для определения количества CO_2 по высоте столба насыщенного раствора NaOH , которым наполняют манометр.

Трубка отградуирована с точностью до $0,1 \text{ см}^3$, диаметр трубки равен 10 мм, вместимость ее 25 см^3 .

Кран предназначен для выравнивания внутреннего давления с атмосферным, а также для наполнения чашки манометра насыщенным раствором NaCl .

По экспериментальным данным ВНИИХПа и ряда хлебопекарных предприятий, полученным в производственных условиях, в жидких дрожжах с подъемной силой по «шарику» более 40 мин углекислого газа выделяется менее 10 см³, с подъемной силой 25–35 мин — 10–13 см³ и ниже 25 мин — более 14 см³. В опаре и тесте, приготовленных из пшеничной муки I сорта, газообразование в конце брожения составляет 12–20 см³.

Для определения бродильной активности навеску полуфабриката — 20 г — отвешивают в фарфоровую ступку (подогретую перед этим вместе с пестиком в термостате при 30 °С). Туда же добавляют 1 см³ 40 %-ного раствора сахарозы (также подогретого до 30 °С) и при помощи пестика перемешивают все до однородного состояния в течение 2–3 мин.

Прибор к моменту пользования им должен быть нагрет до 30 °С, а манометр — заполняется насыщенным раствором NaCl так, чтобы оставалось небольшое воздушное пространство — 3–4 мм (по высоте).

Подготовленную навеску переносят в стаканчик прибора, где ее разравнивают стеклянной палочкой (нагретой до 30 °С) так, чтобы она покрыла все дно стаканчика слоем одинаковой высоты (для жидких полуфабрикатов эта операция не проводится); затем стаканчик накрывают манометром, нижняя часть которого является пробкой, притертой к стаканчику. Открывают кран для выравнивания внутреннего давления прибора с атмосферным и ставят прибор в термостат при 30 °С. По истечении 5 мин кран прибора закрывают, отмечают уровень жидкости в градуированной трубке и прибор оставляют в термостате на 30 мин. По окончании определения прибор вынимают, отмечают уровень жидкости в градуированной трубке и вычисляют объем выделившегося СО₂ по делениям трубки (в миллилитрах). Определения ведут в двух навесках одновременно. Работа должна быть налажена таким образом, чтобы не происходило охлаждения навески полуфабриката и прибора. Для этого прибор, необходимые материалы и посуду, используемые для определения, следует держать в термостате при 30 °С. Всю подготовку к определению (от взятия навески и до помещения заряженного прибора в термостат) надо проводить быстро — в течение нескольких минут.

Контрольные вопросы

1. Какие штаммы микроорганизмов применяют для получения хлебопекарных прессованных дрожжей?

2. На какие классы подразделяются хлебопекарные прессованные дрожжи согласно ГОСТ?
3. Назовите физико-химические показатели качества дрожжей хлебопекарных прессованных.
4. Дайте определение термину «подъёмная сила дрожжей».
5. Методика определения подъемной силы ускоренным способом.
6. Как кислотность прессованных хлебопекарных дрожжей влияет на их качество?
7. Чем может быть обусловлена повышенная кислотность дрожжей?
8. Методика определения кислотности.
9. Методика определения стойкости хлебопекарных прессованных дрожжей.
10. Какие требования установлены ГОСТ 54631-2011 к стойкости хлебопекарных прессованных дрожжей высшего сорта дрожжей?
11. Методика определения массовой доли сухого вещества арбитражным методом.
12. Для чего необходимо исследовать массовую долю сухого вещества дрожжей?
13. Дайте определение термину бродильная активность дрожжей.
14. Для чего определяется бродильная активность дрожжей?
15. Методика определения бродильной активности дрожжей на приборе Елецкого.

2

Производство хлебного кваса в производственных и лабораторных условиях

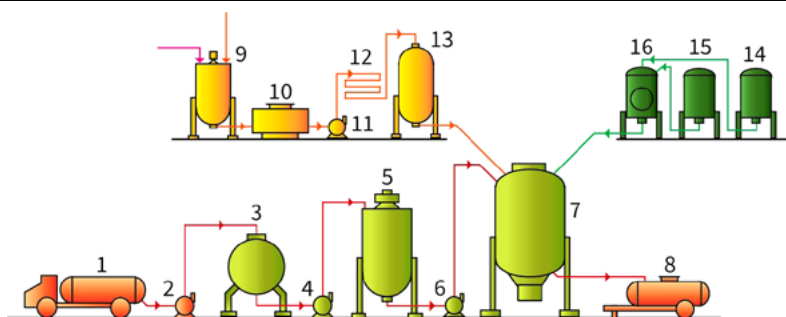
2.1 Общие сведения

Хлебный квас является продуктом незаконченного спиртового и молочнокислого брожения. В нем содержится диоксид углерода, витамин В₁, небольшое количество спирта (0,4–0,6 %) и ряд других веществ, утоляющих жажду и повышающих жизненный тонус. Основными стадиями производства хлебного кваса являются: приготовление квасного сусла, брожение квасного сусла и купажирование кваса.

На рисунке 3 представлен вариант машинно-аппаратурной схемы производства. Концентрат квасного сусла поступает в автоцистернах, бочках, флягах и т. п. Из цистерны 1 концентрат насосом 2 перекачивают в сборник 3 для хранения. Из сборника концентрат насосом 4 перекачивают в аппарат 5 для разбавления водой. Разбавленный концентрат



Рисунок 2. Схема технологического процесса производства кваса



- 1 - автоцистерна; 2,4,6 и 11 - насосы; 3 - сборник концентрата;
 5 - смеситель; 7 - бродильно-купажный аппарат;
 8 - термоцистерна; 9 - сироповарочный котёл;
 10 - фильтр; 12 - теплообменник; 13 - сборник;
 14,15 и 16 - сборники дрожжей, молочнокислых бактерий
 и комбинированной закваски

Рисунок 3. Машинно-аппаратурная схема производства кваса

квасного сусла насосом 6 передают в бродильно-купажный аппарат 7, куда также поступает разводка комбинированной закваски и определенное количество сахарного сиропа. Сахарный сироп готовят в сироповарочном котле 9, пропускают через фильтр 10, охлаждают в теплообменнике 12 и подают в сборник 13. Комбинированную закваску получают в сборнике 16, куда предварительно вносят из сборника 14 разводку чистых культур дрожжей и из сборника 15 разводку чистых культур молочно-кислых бактерий. После сбраживания, отделения дрожжей и купаживания квас из бродильно-купажного аппарата разливается в тару для реализации.

2.2 Приготовление квасного сусла

Сусло может быть приготовлено из растительного сырья или продуктов его переработки, сахара, фруктозы, дектрозы, мальтозы, сиропа глюкозы и других натуральных сахаросодержащих веществ с последующим добавлением или без добавления пищевых добавок.

Самым старым способом приготовления квасного сусла является настойный способ. Сущность этого способа заключается в экстрагировании из измельченных свежевыпеченных и затем высушенных ржаных хлебцев экстрактивных веществ путем двух- или трехкратного настаивания

в горячей воде. Второй способ заключается в том, что на первой стадии получения квасного сусла в герметичном аппарате (под давлением 0,25–0,30 МПа) запаривают дробленый ферментированный ржаной солод и ржаную муку в течение двух часов. Затем запаренную массу направляют в заторный аппарат, в котором под действием введенного ячменного солода происходит осахаривание заторной массы. Для отделения сусла от дробины (гущи) готовый затор пропускают через фильтрационный аппарат. Третий способ, получивший наибольшее распространение в настоящее время, заключается в приготовлении квасного сусла из концентрата квасного сусла, который вырабатывают на специализированных предприятиях. Этот способ будет подробно рассмотрен ниже.

Ржаную муку сначала подвергают тепловой обработке, для чего ее смешивают с водой в соотношении 1:3 или 1:4 и разваривают под давлением. Затем разваренную массу смешивают с ржаным ферментированным солодом, затор охлаждают до 40 °С и к нему добавляют ячменный или неферментированный ржаной солод, а также ферментные препараты. Затор выдерживают, при соответствующих температурах, для гидролиза некрахмальных полисахаридов (40–45 °С), белков (50–60 °С), крахмала (63–75 °С). Осахаренный затор передают на разделение (фильтрацию). В производстве квасного концентрата наиболее распространено фильтрование заторов на фильтр-прессах, либо центробежное разделение на центрифугах с последующим осветлением сусла на сепараторах. Сусло и промывные воды после фильтрования собирают и направляют для сгущения в вакуум-аппараты. На некоторых заводах для лучшего осветления сусла его кипятят до поступления в вакуум-аппарат, а затем фильтрованием или сепарированием удаляют из него скоагулировавшиеся белки. Сусло упаривают при температуре 52–55 °С и давлении 0,07–0,08 Мпа до концентрации 68–70 % по сахарометру. Затем упаренное сусло подвергают тепловой обработке в вакуум-аппарате. В результате выдержки концентрата при повышенных температурах (105–115 °С) в нем накапливаются меланоидины, придающие ему интенсивную окраску и аромат ржаного хлеба. После охлаждения концентрат идет на розлив.

2.3 Брожение квасного сусла

Для сбраживания квасного сусла используют специальные квасные дрожжи и молочнокислые бактерии, вследствие чего в нем одновремен-

но происходит процесс спиртового и молочнокислого брожения. При спиртовом брожении, под воздействием ферментов дрожжей, гексозы квасного сусла распадаются до конечных продуктов — этилового спирта и диоксида углерода, а также ряда промежуточных и побочных продуктов — аминокислот, диацетила и т. д. Молочнокислые бактерии в квасном сусле вызывают молочнокислое брожение с образованием молочной кислоты, диоксида углерода и некоторого количества летучих кислот. Накопление молочной кислоты до определенного предела (рН 5,5–5,0) полезно для дрожжей и, в тоже время, продукты их автолиза служат питанием для бактерий. Таким образом, сбраживание квасного сусла дрожжами и молочнокислыми бактериями — пример симбиотических взаимоотношений микроорганизмов. Однако при дальнейшем повышении кислотности жизнедеятельность дрожжей снижается и спиртовое брожение затормаживается. Впрочем, в производстве кваса это не так важно, так как содержание спирта во всех выпускаемых квасах не должно быть выше 0,3...0,5 % (и только для выдержанных квасов это содержание может быть повышено до 1,2 %, но не более)

Брожение квасного сусла можно вести в открытых или закрытых бродительных аппаратах, по конструкции близких к аппаратам, применяемым в пивоварении. После залива квасного сусла в аппарат добавляют 25 % сахара от количества, предусмотренного рецептурой, в виде сахарного сиропа и перемешивают. Затем вносят комбинированную закваску из чистых культур дрожжей и молочнокислых бактерий в количестве 24 % к объему сбраживаемого сусла. Брожение ведут при температуре 25–30 °С в течение 14–16 ч. По окончании брожения сусло необходимо отделить от дрожжей, для чего его охлаждают до 5–7 °С, дрожжи оседают на дно аппарата и сброженное сусло осторожно сливают в купажный аппарат.

Однако, основным способом в промышленном производстве считается сбраживание в бродильно-купажных аппаратах (рисунок 4). Они состоят из герметически закрытого цилиндрического резервуара с охлаждающей рубашкой. В нижней части резервуара располагается дрожже-отделитель. Аппарат снабжен мешалкой. В аппарат подают сусло, охлажденное до 30 °С, добавляют 25 % сахара (от рецептурной нормы) в виде белого сахарного сиропа и вводят комбинированную закваску чистой культуры дрожжей и молочнокислых бактерий. Крышка аппарата первые 5–6 часов брожения остается открытой и квасное сусло периодически перемешивают. Это способствует интенсивному размножению микро-

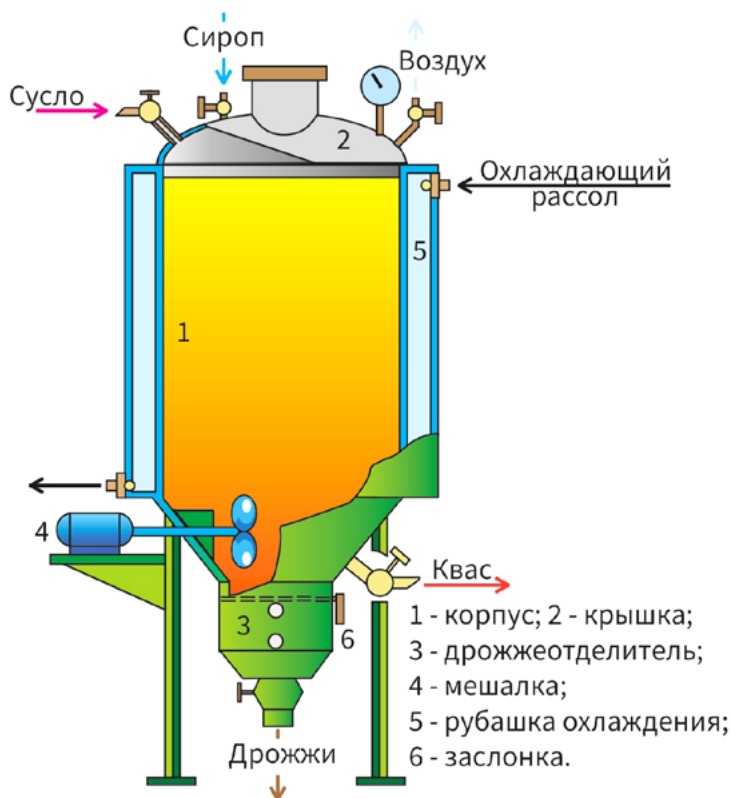


Рисунок 4. Бродильно-купажный аппарат

организмов закваски. Затем аппарат герметически закрывают и проводят брожение в анаэробных условиях. В ходе брожения периодически включают мешалку на 2–3 минуты через каждые 1,5–2 часа. Воздух из пространства между поверхностью сусла и крышкой аппарата вытесняется диоксидом углерода и создается давление 0,12–0,15 МПа (при таких условиях выделяемый в процессе брожения диоксид углерода остается в квасе). Брожение протекает при температуре 25–28 °С в течение 8 ч. Затем сусло охлаждают до 5–7 °С. Основная масса дрожжей оседает в дрожжеотделителе, камеру которого перекрывают задвижкой. После чего проводят купажиrowание кваса, добавляя оставшиеся 75 % сахарного сиропа и перемешивая раствор.

2.4 Купажирование хлебного кваса

Купажирование кваса заключается в смешивании сброженного сусла с сахарным сиропом и колером. При сбраживании квасного сусла в бродильных аппаратах квас купажируют в купажном аппарате. Для этого в сброженное сусло добавляют оставшиеся 75 % сахара в виде сахарного сиропа и в случае необходимости — колер. Смесь тщательно перемешивают и выдерживают в купажном аппарате при охлаждении в течение 30–60 мин. При этом квас охлаждается, а частицы хлебоприпасов, попавшие со сброженным суслом из бродильного аппарата в купажный аппарат, осаждаются. В случае ведения брожения в бродильно-купажном аппарате, купажирование кваса проводят после осаждения дрожжей.

Купажный сироп варят с содержанием сахара 60–65 г в 100 г сиропа. Кроме того, для различных марок кваса в купажный сироп добавляется раствор лимонной кислоты, кукурузная патока, ванилин, аскорбиновая кислота, колер, цитрусовые настои и т. п. Так, например, в хлебный квас для горячих цехов при купажировании добавляют расчетное количество хлорида кальция, фосфата калия, хлорида натрия и аскорбиновой кислоты. При этом порядок купажирования следующий: к сброженному суслу добавляют сахарный сироп, при непрерывном перемешивании вносят раствор солей, а через 5 минут — раствор аскорбиновой кислоты. Готовый квас перемешивают и охлаждают до температуры не выше 12 °С.

2.5 Розлив хлебного кваса

Хлебный квас разливают в изотермические автоцистерны и бочки. Наполняют их на специальных разливочных станциях, оборудованных сборниками, или непосредственно из купажных аппаратов. При наполнении транспортной тары открытым способом через разливочные шланги происходят потери диоксида углерода и ухудшение качества кваса. Поэтому предпочтителен изобарический способ розлива. Для налива кваса в изобарических условиях предусматривают герметизацию аппаратов и тары, вытесняют воздух диоксидом углерода и затем наполняют цистерны без вспенивания и потерь CO_2 . В герметически закрытых автоцистернах квас хранят под давлением не ниже 0,02 МПа. При хранении кваса на производстве происходит его дображивание и насыщение

диоксидом углерода. В результате этого содержание этилового спирта в квасе может увеличиться (обычно, до 0,4–0,6 %). Хранят квас при температуре от 2 до 12 °С.

2.6 Лабораторное приготовление кваса

Для лабораторного приготовления кваса необходимо следующее сырье и оборудование:

Банка стеклянная объемом 3 л с крышкой, фильтровальный материал, дрожжи прессованные, сахар белый, вода подготовленная, концентрат квасного сусла. На 3 литра готового кваса: 2,5 литра воды, 3 столовые ложки концентрата квасного сусла, 3,5 г дрожжей прессованных, 1 стакан сахара. Сахар растворить в 0,3 л горячей (60 °С) воды. Внести в приготовленное сусло (вода плюс концентрат квасного сусла). Дрожжи развести в небольшом количестве воды (около 100 мл), добавить к суслу. Все перемешать. Оставить на брожение с открытой крышкой на 10–12 ч. Далее аккуратно слить в новую емкость через фильтрующий материал (без дрожжевого осадка), плотно закрыть крышкой. Оставить на 24 часа в прохладном месте. Напиток готов.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение кваса. Классификация согласно ГОСТ 31494-2012 Квасы. Общие технические условия.
2. Технология приготовления квасного сусла.
3. Какие виды брожения протекают при изготовлении кваса?
4. В чем заключается купаживание хлебного кваса?
5. Основные способы брожения квасного сусла (оборудование, режимы, параметры).
6. Машино-аппаратурная схема производства нефiltrованного кваса.

3

Оценка качества хлебного кваса

Качество напитка оценивают по органолептическим, физико-химическим показателям и показателям безопасности (наличие тяжелых металлов, радионуклидов, бактериологические показатели).

К органолептическим показателям качества кваса относят внешний вид, цвет, вкус и аромат. Эти показатели регламентированы в ГОСТ 31494-2012 «Квасы. Общие технические условия».

Органолептические показатели качества кваса обусловлены особенностями используемого сырья, технологией производства и условиями розлива. Характеристика органолептических показателей представлена в таблице 2.

Таблица 2. Характеристика органолептических показателей кваса

Наименование показателя	Характеристика квасов		
	нефильтрованных		фильтрованных
	неосветленных	осветленных	
Внешний вид	Непрозрачная пенящаяся жидкость. Допускается осадок, обусловленный особенностями используемого сырья, без посторонних включений, не свойственных продукту	Прозрачная пенящаяся жидкость с опалесценцией, обусловленной особенностями используемого сырья, без посторонних включений, не свойственных продукту	Прозрачная пенящаяся жидкость без осадка и посторонних включений, не свойственных продукту. Допускается опалесценция, обусловленная особенностями используемого сырья
Цвет	Обусловленный цветом используемого сырья		
Вкус и аромат	Освежающий вкус и аромат сброженного напитка, соответствующий вкусу и аромату используемого сырья. Допускаются дрожжевые привкус и аромат		

3.1 Органолептическая оценка кваса

Вспомогательные устройства и материалы. Весы лабораторные общего назначения, стакан типа Н вместимостью 250 см³, диаметром 69 мм, цилиндр мерный вместимостью 250 см³, диаметром 70 мм, термометр жидкостный стеклянный с диапазоном измерения температуры 0–100 °С и ценой деления шкалы 0,1 °С, баня водяная, бокал дегустационный, палочка стеклянная.

Проведение анализа. Перед определением вкуса и аромата кваса его доводят до температуры 10–14 °С путем охлаждения или подогрева в водяной бане. Внешний вид, цвет кваса определяют визуально в чистом сухом цилиндре или стакане вместимостью 250 см³. Оценивают оттенок и интенсивность окраски на соответствие требованиям нормативно-технической документации на готовую продукцию.

Аромат и вкус кваса определяют органолептически немедленно после налива пробы в дегустационный бокал при температуре 10–14 °С. Оценивают соответствие аромата и вкуса требованиям нормативно-технической документации на готовую продукцию.

По внешнему виду квас должен быть коричневого цвета, непрозрачный, допускается наличие небольшого осадка, состоящего из крахмалистых частиц хлебных припасов и дрожжей. Вкус — кисло-сладкий, освежающий или кислый освежающий для окрошечного кваса, аромат ржаного хлеба.

3.2 Физико-химические показатели напитка

Квас должен соответствовать следующим физико-химическим показателям качества (таблица 3).

Таблица 3. Физико-химические показатели кваса

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	3,5
Кислотность, к. ед.	От 1,5 до 7,0
Объемная доля спирта, %, не более	1,2
Массовая доля двуокиси углерода, %, не менее	0,30
Примечание — Показатель «Массовая доля двуокиси углерода» нормирован для кваса, разлитого в бутылки (стеклянные и ПЭТФ) и алюминиевые банки	

Определение кислотности кваса

Метод основан на титровании раствором щелочи всех веществ кислотного характера после полного освобождения напитка от двуокиси углерода. Кислотность выражают в кубических сантиметрах раствора гидроокиси натрия концентрацией 1 моль/дм³, израсходованного на титрование 100 см³ напитка.

Вспомогательные устройства и материалы. Бюретки вместимостью 5 см³ с ценой деления 0,02 см³ по НТД или другие бюретки, обеспечивающие необходимую точность измерения, Пипетки исполнения 4 или 6 (с делениями) вместимостью 2; 5 и 10 см³ по НТД или другие пипетки, обеспечивающие необходимую точность измерения, стаканы стеклянные лабораторные типа Н исполнения 1 вместимостью 100 см³, колбы конические исполнения 2 вместимостью 250 см³ из термостойкого стекла, капельница стеклянная лабораторная, воронки стеклянные типа В диаметром 36 и 100 мм, цилиндр мерный исполнения 2 вместимостью 250 см³, колбы мерные 1 и 2-го классов точности, наливные, вместимостью 100 и 1000 см³, плитка электрическая нагревательная, секундомер по нормативному документу по стандартизации натрия гидроокиси, раствор концентрацией 0,1 моль/дм³, фенолфталеин — спиртовой раствор массовой концентрацией 10 г/дм³, вода дистиллированная.

Проведение анализа. Квас предварительно освобождают от основного количества двуокиси углерода. В три конические колбы из термостойкого стекла вместимостью 250 см³ с помощью мерного цилиндра наливают по 100 см³ дистиллированной воды и нагревают ее до кипения. От средней пробы газированного напитка, частично освобожденного от двуокиси углерода, и негазированного отбирают пипеткой по 10 см³ в каждую из колб с кипящей водой. Для темноокрашенных квасов отбирают по 5 см³ напитка в колбы с 200 см³ кипящей дистиллированной воды. Закрыв колбу воронкой, кипятят ее содержимое в течение 5 мин. По окончании кипячения содержимое колб быстро охлаждают в проточной воде до комнатной температуры. В охлажденный раствор прибавляют 4–5 капель спиртового раствора фенолфталеина массовой концентрацией 10 г/дм³ и титруют раствором гидроокиси натрия концентрацией 0,1 моль/дм³ до появления розовой окраски, не исчезающей в течение 30 с. Одну из колб с напитком, разведенным водой, используют при титровании для сравнения окраски титруемого раствора с первоначальной.

Проводят не менее двух параллельных определений.

Обработка результатов. Кислотность (X) в кубических сантиметрах раствора гидроокиси натрия концентрацией 1 моль/дм³, израсходованного на титрование 100 см³ напитка или сиропа, вычисляют по формуле:

$$X = \frac{V \times K \times 10}{A},$$

где V — объем раствора гидроокиси натрия концентрацией 0,1 моль/дм³, израсходованный на титрование, см³;

K — поправочный коэффициент раствора гидроокиси натрия;

A — объем напитка, взятый на определение, см³.

За окончательный результат испытания принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми по абсолютной величине не должны превышать 0,05 см³ в одной лаборатории. Допускаемые расхождения по абсолютной величине в разных лабораториях не должны превышать 0,30 см³. Вычисления проводят до 0,01 см³ с последующим округлением до 0,1 см³.

Определение массовой доли сухих веществ (без проведения полной инверсии сахарозы)

Метод основан на определении массовой доли сухих веществ с помощью ареометра-сахаромера (далее сахаромер) с обязательным предварительным удалением двуокиси углерода из газированных напитков.

Вспомогательные устройства и материалы. Ареометр-сахаромер типа АСТ с пределами измерения массовой доли сухих веществ 0–8 % или 8–16 % с ценой деления 0,05 %, цилиндр для ареометра диаметром 45 мм, высотой 520 мм, цилиндры мерные наливные 1–500, термометр жидкостный стеклянный с диапазоном измерения температуры 0–100 °С и ценой деления шкалы 0,1 °С, весы лабораторные общего назначения с наибольшим пределом взвешивания 1 кг и погрешностью ±0,01 г, колбы мерные наливные 1–100–1, 1–250–2, 1–500–1, 1–1000–1, микрокомпрессор электрический, пипетки вместимостью 1; 25 см³, колбы, чашка выпарительная фарфоровая вместимостью 850 см³, воронка стеклянная, стаканы, электроплитка бытовая, баня водяная, секундомер.

Проведение анализа. Вначале квас освобождают от двуокиси углерода. Для этого 600–700 см³ объединенной пробы напитка наливают в коническую или плоскодонную колбу вместимостью 1000 см³ и, закрыв колбу, взбалтывают в течение 20–25 мин, приоткрывая 3–4 раза

на 30 с с интервалами в 5 мин, или пропускают воздух через пробу в течение 15 мин с помощью микрокомпрессора. Затем напиток доводят до температуры 20 °С на водяной бане и фильтруют через вату в стеклянной воронке в чистый сухой цилиндр, предназначенный для измерений.

Стекланный цилиндр, тщательно вымытый и высушенный или ополоснутый испытуемой жидкостью, устанавливают на поддон или чашку с плоским дном. Осторожно, избегая образования пены, наливают в цилиндр исследуемый напиток при температуре 15–25 °С. Затем осторожно опускают в цилиндр чистый сухой сахаромер, не выпуская из рук раньше, чем он опустится до деления, соответствующего предполагаемой массовой доле сухих веществ.

Допускается применять металлический цилиндр диаметром не менее 45 мм и высотой не менее 420 мм, но в этом случае испытуемую жидкость наливают до верхнего края цилиндра. После того, как сахаромер примет устойчивое положение, его необходимо легким толчком погрузить глубже на 1–2 деления и подождать, пока он придет в равновесие. Окончательный отсчет проводят через 2–3 мин, необходимые для выравнивания температуры, по верхнему краю мениска. Во время определения необходимо строго следить, чтобы сахаромер не прикасался к стенкам цилиндра. Затем отмечают температуру испытуемой жидкости, проверив показания термометрической шкалы сахаромера с помощью термометра с ценой деления шкалы 0,1 °С. Если температура отличается от 20 °С, вносят соответствующую поправку к показаниям сахаромера на температуру.

Пример. Показание сахаромера 10,60 % при температуре 18 °С. Из отсчета сахаромера 10,60 % необходимо вычесть 0,10 %, т. е. массовая доля сухих веществ в напитке составляет 10,50 %. Проводят не менее двух параллельных определений.

Обработка результатов. За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений. Результат округляют до первого десятичного знака. Абсолютное допускаемое расхождение между результатами двух параллельных определений при доверительной вероятности = 0,95 не должно превышать 0,1 %. Абсолютное допускаемое расхождение между результатами двух определений, полученными в разных лабораториях для одной и той же партии, при доверительной вероятности = 0,95 не должно превышать 0,2 %.

Контрольные вопросы

1. По каким показателям оценивают качество хлебного кваса?
2. Методика определения вкуса, аромата, внешнего вида и цвета.
3. Органолептические показатели качества фильтрованного кваса.
4. Чем обусловлены органолептические показатели качества кваса?
5. Физико-химические показатели качества кваса.
6. Методика определения массовой доли сухих веществ кваса.
7. Как нормируется массовая доля сухих веществ в квасе?
8. Как влияет содержание сухих веществ на качество кваса?
9. Методика определения кислотности кваса.
10. Как влияет кислотность кваса на его вкусовые свойства?
11. Как нормируется объёмная доля этилового спирта в квасе?
12. Какая взаимосвязь существует между содержанием спирта и сухих веществ в квасе?

4

Использование ферментных препаратов в технологии производства фруктово-ягодных соков

4.1 Общие сведения

Ферментные препараты используют в технологии производства фруктово-ягодных соков для повышения выхода сока, осветления и стабилизации соков, увеличения содержания экстрактивных веществ. Ферменты действуют как биологические катализаторы, ускоряя разрушение природных полисахаридов, белков и других соединений, не изменяя при этом химическую природу напитка.

Препараты применяют на различных этапах технологического процесса: для обработки мезги, для осветления сока, для сохранения цвета, извлечения аромата.

Ферментативная обработка мезги для изготовления сока с использованием ферментных препаратов — процесс, который позволяет увеличить выход сока за счёт разрушения высокомолекулярных соединений плодов, таких как полисахариды, целлюлоза, пектиновые вещества.

Для обработки мезги применяют пектолитические ферментные препараты преимущественного грибного происхождения. Также могут использовать разжижающие ферменты, в состав которых входят пектиназа и целлюлаза.

Для обработки мезги при изготовлении сока наиболее распространены следующие ферментные препараты: Пектофоетидин П10х, LALLZYME HC, Рестинекс ВЕ XXL.

«Пектофоетидин П10х» — комплекс ферментов пектиназы, полигалактуроназы, пектинметилэстеразы, целлюлазы и амилазы. Применяется для обработки мезги плодов и ягод, богатых пектиновыми веществами: чёрной смородины, крыжовника, слив, абрикосов, шиповника, айвы и др. Активность препарата — от 9 до 36 ед./г.

LALLZYME HC — пектолитический ферментный комплекс для расщепления растительных полисахаридов — пектинов, увеличения сокоотдачи растительного сырья и улучшения фильтрации при отжиме.

Выход сока из мезги, обработанной этим препаратом, увеличивается до 25 % в зависимости от вида плодов.

Pectinex BE XXL — ферментный препарат пектолитического действия, эффективен при обработке яблочной и виноградной мезги. Однако при производстве яблочного сока этот препарат ускоряет процесс отделения сока, но из-за добавления воды при гидролизе уменьшается количество растворимых сухих веществ, поэтому для яблочной мезги он малоэффективен.

Для осветления, сохранения цвета и извлечения аромата сока также используют ферментные препараты. Ферменты действуют как биологические катализаторы, ускоряя разрушение природных полисахаридов, белков и других соединений, не изменяя при этом химическую природу напитка.

Для осветления, сохранения цвета и извлечения аромата сока наиболее распространено следующие ферментного препарата Пектиназа.

Пектиназа помогает разложить пектиновые соединения, которые придают жидкости мутность, и делает сок прозрачным. Препарат подходит для обработки яблок, груш, ягод и других фруктов, содержащих большое количество пектина.

Подготовка ферментного препарата и обработка мезги

Цель работы: научиться рассчитывать расход ферментного препарата для обработки мезги, подготавливать водную суспензию препарата и определять скорость фильтрации сока.

Задания: 1. Рассчитать расход ферментного препарата (условия дает преподаватель); 2. Установить влияние обработки мезги плодов ферментным препаратом на скорость фильтрации сока.

Одним из наиболее широко распространенных способов увеличения выделения сока из мезги является обработка ее ферментным препаратом Пектофоетидином П10х.

1. Ферментные препараты (Пектофоетидин П10х) могут иметь различную активность. Поэтому при расчете расхода препарата (X) для обработки определенного количества мезги необходимо учитывать его фактическую активность. Стандартная активность препарата — 9 ед/г. Рекомендуемые дозы такого препарата — 0,01–0,03 % к массе сырья. Расчет проводят по формуле (в %):

$$X = \frac{M \cdot \sigma \cdot C}{100 \cdot A},$$

где М — масса мезги, кг;

δ — доза препарата, %;

С — стандартная активность препарата, ед/г;

А — фактическая активность препарата, ед/г;

100 — пересчет в проценты.

Пример. Рассчитать расход ферментного препарата для обработки 800 кг мезги плодов. Доза препарата 0,03 %.

А. Активность ферментного препарата 9 ед/г

$$X = \frac{800 \cdot 0,03 \cdot 9}{100 \cdot 9} = 0,24 \text{ кг} = 240 \text{ г}.$$

Б. Активность ферментного препарата 7 ед/г

$$X = \frac{800 \cdot 0,03 \cdot 9}{100 \cdot 7} = 0,309 \text{ кг} = 309 \text{ г}.$$

2. Скорость фильтрации сока определяют по степени ферментации мезги. Вначале готовят суспензию ферментного препарата. В колбу отвешивают необходимое количество препарата (0,3 г на 1 кг мезги), приливают немного воды с температурой 30–45 °С, тщательно перемешивают и выдерживают 30 мин (в производственных условиях добавляют 5–10-кратное количество воды или сока).

Свежие плоды дробят на лабораторной дробилке или растирают на терке и взвешивают 2 кг. К мезге приливают раствор сернистого ангидрида или метабисульфита калия из расчета 100 мг сернистого ангидрида на 1 кг мезги. Затем сульфитированную мезгу делят на две части и помещают в 2–3-литровые банки. В одну из банок добавляют суспензию ферментного препарата. Вторая часть мезги — для контроля. Содержимое банок тщательно перемешивают, закрывают полиэтиленовыми крышками и выдерживают при комнатной температуре сутки.

Через сутки из мезги через двойной слой марли отделяют сок-самотек и определяют его фильтруемость (скорость фильтрации) или вязкость вискозиметром Пинкевича.

Для установления скорости фильтрации из одинаковой фильтровальной бумаги делают складчатые фильтры. Берут по 100 мл сока опытного и контрольного образцов и при комнатной температуре фильтруют

в мерные цилиндры (воронки должны быть одинаковые). Через 15 и 30 мин измеряют количество отфильтрованного сока. Сравнивают скорости фильтрации сока из обработанной мезги и контрольной.

Если на лабораторном прессе отжать мезгу опытного и контрольного образцов, собрать и определить количество отжатого сока, то можно установить влияние обработки препаратом на выход сока.

При этом проводят и визуальную оценку отжатого сока по цвету и степени прозрачности. Для этого сок наливают в цилиндры и просматривают в проходящем свете оба образца.

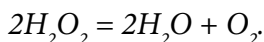
Оборудование и материалы. Технические весы до 200 г, десятичные весы до 2–10 кг, эмалированные чашки или кристаллизаторы на 3–5 л, мерные цилиндры на 100 мл, колбы на 50–100 мл, воронки диаметром 5–10 см, 2–3-литровые банки с полиэтиленовыми крышками, штативы с кольцами, фильтровальная бумага, вискозиметр Пинкевича, лабораторная дробилка или терки, раствор сернистого ангидрида или метабисульфит калия (в нем содержится в легкоотделяемой форме 55–57 % сернистого ангидрида), ферментный препарат, свежие яблоки.

Контрольные вопросы

1. Для чего используют ферментные препараты в технологии производства фруктово-ягодных соков?
2. На каких этапах технологического процесса при производстве сока применяют ферментные препараты?
3. С какой целью производят ферментативную обработку мезги при изготовлении соков?
4. Какими ферментными препаратами производят обработку мезги для увеличения выделения сока?
5. Какие ферментные препараты используют для осветления, сохранения цвета и извлечения аромата сока?
6. В чем принцип действия ферментных препаратов, применяемых для осветления, сохранения цвета и извлечения аромата сока?
7. Как производят расчет расхода ферментных препаратов для обработки определенного количества мезги?
8. Как определяют скорость фильтрации сока?
9. Как установить влияние обработки ферментным препаратом мезги на скорость фильтрации сока?
10. Методика проведения визуальной оценки отжатого сока по цвету и степени прозрачности.

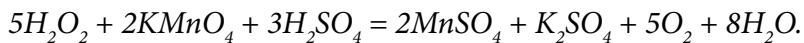
5.1 Общие сведения

Оксидоредуктазы — класс ферментов, катализирующих окислительно-восстановительные реакции. Окисление веществ в клетках протекает, в основном, путем отщепления водорода (дегидрированием) или отщеплением электронов, или путем присоединения кислорода к молекуле окисляемого соединения. Акцептором водорода у гемсодержащих веществ (пероксидаз и каталазы) является H_2O_2 (пероксид водорода). Акцепторами и переносчиками электронов являются цитохромы (сложные белки), содержащие гем (соединение порфиринов с двухвалентным железом). Каталаза относится к гемопротеинам, катализирует процесс разрушения ядовитого для клеток пероксида водорода на воду и кислород:



Каталаза может использоваться в биотехнологических процессах, где необходимо удалить H_2O_2 из продуктов. Знание активности каталазы в сельском хозяйстве нужно для оценки плодородия почвы и её экологического состояния. Этот показатель отражает интенсивность процессов минерализации органического вещества и дыхания в почве. Для живой клетки пероксид водорода является сильным ядом, поэтому все ферменты, образующие и обезвреживающие H_2O_2 , находятся в пероксисомах — органеллах, покрытых мембраной. Главными потребителями H_2O_2 являются пероксидазы, которые окисляют фенолы, амины, некоторые гетероциклические соединения и другие субстраты дегидрированием, переносят снятые с субстратов $[2H]$ на H_2O_2 , восстанавливая его до $2H_2O$. Молекулы пероксида водорода, невостребованные пероксидазами, обезвреживаются каталазой.

Метод определения активности каталазы основан на определении количества пероксида водорода, расщепленного в процессе инкубации с ферментом. Количество H_2O_2 в реакционной смеси определяют титрованием в кислой среде раствором с концентрацией перманганата калия 0,02 моль/л:



На основании приведенного уравнения реакции можно рассчитать, что 1 мл раствора с концентрацией перманганата калия 0,02 моль/л соответствует 1,7 мг (50 мкмоль) пероксида водорода.

5.2 Количественное определение активности каталазы

2–3 г сырого картофеля (или другого свежего растительного материала) тщательно растирают в ступке с кварцевым песком или стеклом. Для уменьшения кислой реакции добавляют на кончике скальпеля CaCO_3 до прекращения выделения пузырьков CO_2 . В процессе растирания в ступку добавляют небольшими порциями 40–50 мл воды. Растертую массу количественно переносят в мерную колбу вместимостью 100 мл, доводят водой до метки и перемешивают. Смесь оставляют стоять 10–15 мин и после перемешивания фильтруют. Берут две конические колбочки вместимостью 150–200 мл и вносят в них по 20 мл полученного фильтрата. Содержимое одной колбы кипятят в течение 1 мин и охлаждают до комнатной температуры (контроль). Другая колба — опытная, содержит активный фермент. К содержимому опытной и контрольной колб приливают по 20 мл воды и по 3 мл раствора с массовой долей H_2O_2 1 %. Содержимое тщательно перемешивают и оставляют при комнатной температуре на 30 мин. По окончании инкубации в обе колбы добавляют по 5 мл раствора с массовой долей серной кислоты 10 %, перемешивают и избыток H_2O_2 в каждой колбе оттитровывают раствором с концентрацией перманганата окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин.

Активность каталазы выражают в мкмоль пероксида водорода, расщепившегося под действием фермента в расчете на 1 г исследуемого материала (или на 1 мг вытяжки из него) за 1 мин. За ферментативную единицу (Е) принимают количество фермента, необходимого для превращения 1 мкмоль субстрата в 1 минуту при 25 °С. Вычисление ведут по формуле:

$$X = \frac{(a - b)T \cdot 50 \cdot 100}{m \cdot 20 \cdot 30},$$

где X — активность каталазы, Е/г;

(a-b) — разность между объемами раствора с концентрацией перманганата контрольной (a) и опытной (b) проб, мл;

T — титр примененного для титрования раствора перманганата калия;

50 — коэффициент пересчета на мкмоль H_2O_2 ;

100 — общий объем приготовленного экстракта;

m — масса взятого для анализа материала, г;

20 — объем фильтрата, взятого для анализа, мл;

30 — время инкубации, мин.

Принцип определения, порядок анализа и результат анализа записывают.

5.3 Определение активности каталазы экспресс-методом

В две пробирки наливают по 5 мл вытяжки из клубней картофеля, в третью 5 мл воды. В одной пробирке вытяжку кипятят и охлаждают до комнатной температуры под струей воды. Затем в каждую пробирку добавляют по 2 мл 3 % раствора пероксида водорода. Под действием каталазы пероксид водорода разлагается, выделяющийся кислород вспенивает жидкость. По количеству образующейся в пробирке пены можно судить об активности фермента. Отсутствие пены указывает на инактивирование или отсутствие каталазы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «оксидоредуктазы».
2. Для чего может использоваться в биотехнологических процессах каталаза?
3. Методика количественного определения активности каталазы?
4. Как производят расчет активности каталазы при количественном методе определения?
5. Методика определения активности каталазы экспресс-методом.

6

Биотехнология бродильных процессов в производстве квашеной капусты

6.1 Общие сведения

В зависимости от вида обработки овощи делят на три группы: квашеные, соленые и моченые. К квашеным овощам относят капусту белокочанную, которая консервируется накапливающейся в результате молочнокислого брожения молочной кислотой (1,5–1,7%). Соль добавляют в незначительных количествах (до 2%) в начале брожения для лучшего выделения сока из измельченного сырья. Соленые овощи отличаются более высоким содержанием соли (до 4,5%) и несколько меньшим накоплением молочной кислоты (до 1,5%). При засоле овощей добавляют специи и пряности.

Принципиальной разницы между квашением, засолом и мочением нет. В их основе лежат аналогичные физические процессы и биохимическое изменение свежего сырья. Основной биохимический процесс квашения (соления, мочения) овощей (плодов) — брожение с созданием благоприятных условий для развития преимущественно молочнокислых бактерий с целью подавления роста потенциальных возбудителей порчи — гнилостных, маслянокислых бактерий и др. В современной технике консервирования овощей используют микробные штаммы, в частности штаммы молочнокислых бактерий, подвергшиеся селекции. Пастеризация на последней стадии консервирования уничтожает микроорганизмы и гарантирует высокое качество продукта. Возбудителями молочнокислого брожения при квашении капусты являются *Lactobacillus brevis* и *Lactobacillus pentoaceticus*. Наряду с молочнокислыми бактериями в сбраживании принимают участие ряд других бактерий и дрожжей.

Ферментацию капусты можно поделить на 4 стадии. На первой стадии развивается одновременно вся микрофлора капусты. На второй стадии ферментации аэробная микрофлора постепенно уступает место анаэробам. Начинают развиваться гетероферментативные молочнокислые бактерии. Длительность первых двух стадий — от 3 до 6 сут. Третья стадия считается основной консервирующей. Идет максимальное нако-

пление молочной кислоты с участием гомоферментативных молочно-кислых бактерий *L. plantarum*. Длительность третьей стадии при низких температурах — около трех недель. На четвертой стадии вновь активизируются возбудители гетероферментативного молочнокислого брожения, главным образом *L. brevis*. Они способны сбраживать не только сахара, но и пентозы, а также являются хорошими ароматообразователями, которые окончательно формируют вкус и аромат квашеной капусты.

6.2 Приготовление экспериментального образца квашеной капусты

Нашинкованную капусту взвесить, смешать с измельченной морковью и солью. По желанию добавить лавровый лист и душистый перец горошком. Заложить смесь в стеклянные банки, плотно утрамбовывая до выделения из капусты сока. Количество измельченной моркови от 3 до 10 % от массы капусты, поваренной соли — 1,8–2,0 % от массы капусты. Подготовленную капусту поместить для созревания при температуре 4–6 °С. В первые 3–4 сут. проводить прокалывание уплотненной капусты для выпускающего газа, способного придать капусте неприятный запах и горький вкус, размягчить консистенцию. После прохождения ферментации хранить в охлажденном состоянии.

6.3 Изучение микробиологического состава образца

Вспомогательные устройства и материалы. Микроскоп, иммерсионное масло, предметные стекла, спиртовки и зажигалки, микробиологические петли, фильтровальная бумага, вата, хозяйственное мыло, экспериментальный образец квашеной капусты, краситель фуксин.

Проведение анализа. Обезжирить чистое предметное стекло мылом, в асептических условиях нанести на него каплю капустного рассола и распределить её максимально тонким слоем по поверхности стекла. Высушить мазок, желательно при комнатной температуре (если все было сделано правильно на этапе приготовления мазка, то высушивание происходит быстро), взять предметное стекло двумя пальцами и, держа предметное стекло мазком вверх, провести его через верхнюю часть пламени спиртовки (наиболее горячую) три раза. Проводить предметное стекло через пламя необходимо и не слишком быстро (в этом случае не произойдет фиксации), и не слишком медленно (в этом случае велик

шанс деформировать клетки. Нанести на препарат краситель. Выдержать 1 мин. По истечению времени промывать препарат водой до тех пор, пока стекающая вода не обесцветится. Микроскопировать с объективом 100х с использованием иммерсионного масла. Определить группы микроорганизмов, присутствующих в препарате, отметить морфологию исследуемых клеток.

Контрольные вопросы

1. На какие три группы делят овощи в зависимости от вида обработки?
2. Какой основной биохимический процесс квашения (соления, мочения) овощей (плодов)?
3. Основные стадии ферментации капусты при ее консервировании?
4. Приготовление экспериментального образца квашеной капусты.
5. Методика исследования микробиологического состава квашеной капусты.

7

Биотехнология бродильных процессов при производстве солёных огурцов

7.1 Общие сведения

Как и при брожении капусты, основным кислотообразователем является гомоферментативная молочная бактерия *L. plantarum*, а *L. brevis* способствует накоплению в огурцах преимущественно молочной кислоты и незначительных количеств уксусной кислоты, спирта, маннита и др. Общее количество образовавшейся молочной кислоты — 1–1,5 %. При хранении на холоде это количество гарантирует сохранность огурцов.

После мойки и замачивания огурцы раскладывают в тару со специями. При температуре 20–26 °С для накопления молочной кислоты до уровня 0,3–0,4 % достаточно 24 ч, а в охлаждаемых помещениях — не менее 48 ч. После предварительной ферментации доливают рассол, тару плотно закрывают, взвешивают, маркируют и отправляют на хранение. В процессе хранения ферментативные процессы медленно продолжают-ся, и их длительность полностью зависит от температуры хранения. При температуре от 0 до 2 °С продолжительность ферментации составляет 40–60 сут., в неохлаждаемых (температура не выше 10 °С) она заканчивается уже через 15–30 сут. В рассоле накапливается 0,6 % молочной кислоты. Для сохранения качества соленых огурцов важно максимально замедлить дображивание. Необходимы два основных условия: температура около 0 °С и анаэробные условия. При брожении должны быть приняты все технологические меры, способствующие развитию молочнокислых бактерий — антагонистов гнилостных микроорганизмов.

7.2 Приготовление экспериментального образца соленых огурцов

Огурцы тщательно вымыть, рассортировать по качеству и степени зрелости и калибровать по длине на соответствующие группы в соответствии с ГОСТ 1726-2019 «Межгосударственный стандарт. Огурцы

свежие для промышленной переработки. Технические условия». Огурцы замочить в воде (на 30–40 мин), взвесить и разложить в стеклянные банки или другую тару вместе со специями в соответствии с рецептурой. Наиболее часто добавляют следующие пряности, % от массы огурцов: укроп — 3; хрен — 0,5; чеснок — 0,1; перец стручковый горький свежий — 1,1; эстрагон — 0,5; листья петрушки и сельдерея — 0,5; листья черной смородины — 1,0; листья остальных пряных растений — 9,2. Одновременно приготовить рассол с массовой концентрацией поваренной соли 50 г/дм^3 , довести до кипения и охладить до комнатной температуры. Приготовленным рассолом залить огурцы до полного их покрытия. Подготовленные огурцы поместить для созревания при температуре 4–6 °С.

7.3 Определение титруемой кислотности рассола соленых огурцов

Метод определения кислотности рассола основан на титровании анализируемого раствора титрованным раствором гидроокиси натрия в присутствии индикатора фенолфталеина.

Вспомогательные устройства и материалы. Пипетки вместимостью 25, 50 или 100 см^3 , колба коническая, колба мерная вместимостью 250 см^3 , стакан вместимостью 250 см^3 с магнитной или механической мешалкой, бюретка вместимостью 50 см^3 , вата или бумажный фильтр или ткань, дистиллированная вода, раствор фенолфталеина, раствор гидроокиси натрия.

Подготовка к анализу. Часть предварительно перемешанной лабораторной пробы фильтруют через вату, бумажный фильтр или ткань; пипеткой вносят в мерную колбу 25 см^3 фильтрата; доводят водой до метки и тщательно встряхивают.

Проведение анализа. В стакан с мешалкой вносят пипеткой разбавленную пробу для анализа объемом 25, 50 или 100 см^3 в зависимости от ожидаемой кислотности. Добавляют в стакан от 0,25 до $0,5 \text{ см}^3$ раствора фенолфталеина и, постоянно встряхивая, титруют из бюретки раствором гидроокиси натрия до появления розовой окраски, не исчезающей в течение 30 с.

Обработка результатов. Титруемую кислотность, ммоль на 100 см^3 продукта, с учетом разбавления вычисляют по формуле

$$T = \frac{250}{V} \cdot V_1 \cdot c \frac{100}{V_0} = \frac{1000V_1}{V_0},$$

где V — объем анализируемой пробы, например, 25 см³;

V_1 — объем титрованного раствора гидроокиси натрия, израсходованный на титрование, см;

c — точная концентрация титрованного раствора гидроокиси натрия, моль/дм³;

V_0 — объем пробы для анализа, см³;

250 — объем мерной колбы, см³;

100 — коэффициент для расчета титруемой кислотности на 100 г продукта;

1000 — коэффициент, полученный при расчете:

$$\frac{250}{25} \cdot V_1 \cdot c \frac{100}{V_0}.$$

Вычисления проводят до второго десятичного знака. Результат округляют до первого десятичного знака.

Контрольные вопросы

1. Каким основным кислотообразователем является гомоферментативная молочная бактерия при изготовлении соленых огурцов?
2. Как влияет температура хранения соленых огурцов на продолжительность ферментации?
3. Какие основные условия необходимо соблюдать для сохранения качества соленых огурцов?
4. Приготовление экспериментального образца соленых огурцов.
5. Методика определения титруемой кислотности рассола соленых огурцов.

8.1 Определение активности протеолитических ферментов муки

Протеолитические ферменты катализируют расщепление белковых веществ до пептидов и дальнейший гидролиз этих продуктов до аминокислот. Активность протеаз обычно учитывают по количеству освобождающихся аминных или карбоксильных групп в навеске материала за определенный промежуток времени.

Вспомогательные устройства и материалы. Весы лабораторные, термометр, термостат, фильтр, фотоэлектроколориметр, мерные колбы на 100 см³, мерный цилиндр, пипетки на 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 5 и 10 см³, буферная смесь с pH 4,6–4,7, толуол 20 %, раствор трихлоруксусной кислоты, 25 % раствор сегнетовой соли, реактив Несслера, образцовый раствор хлористого аммония.

Проведение анализа. Навеску муки 10 г помещают в колбу на 100 см³ и заливают 50 см³ дистиллированной воды, предварительно нагретой до 40 °С, затем прибавляют 20 см³ буферной смеси с pH 4,6–4,7 и несколько капель толуола в качестве антисептика. После тщательного перемешивания, закрыв колбу для предотвращения испарения, смесь ставят в термостат при 40 °С на 4 ч, взбалтывая через каждые 15 мин. По истечении указанного срока к смеси прибавляют 20 см³ дистиллированной воды и 5 см³ 20 %-ной трихлоруксусной кислоты, интенсивно встряхивая колбу; после 15 мин отстаивания фильтруют смесь через плотный фильтр (желательно через тонкий слой кизельгура). В прозрачном фильтрате определяют азот методом Несслера. 10 см³ фильтрата помещают в мерную колбу на 100 см³, добавляют воды до половины объема, приливают 4 см³ 25 % раствора сегнетовой соли и перемешивают. Доводят общий объем в колбе до 90 см³ водой, приливают 4 см³ реактива Несслера и доводят объем до метки. Содержание в растворе аммонийного азота устанавливают по калибровочной кривой образцовых растворов. Для приготовления этих растворов в колбы на 100 см³

помещают 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 см³ образцового раствора хлористого аммония, добавляют воды до половины объема, раствор сегнетовой соли и реактив Несслера. Просмотр окраски образцового и испытуемого растворов проводят через 10 минут на фотоэлектроколориметре при длине волны 400 нм.

Обработка результатов. Содержание аммонийного азота рассчитывают по формуле:

$$N = \frac{a \cdot b \cdot 100}{m \cdot c \cdot 1000},$$

где — количество азота по графику, мг;

b — общий объем раствора, см³ (500);

m — навеска муки, г;

c — объем раствора, взятый для окрашивания, см³.

Одновременно ставят контроль, при этом настаивания в термостате не проводят, а добавляя те же реактивы, осаждают белки трихлоруксусной кислотой сразу же после получения смеси. По разнице в содержании осаждаемого трихлоруксусной кислотой азота в контроле и опыте определяют интенсивность протеолиза. Содержание азота принято выражать к общему азоту муки.

8.2 Определение автолитической активности муки по показателю «число падения»

Число падения является показателем вязкости, характеризующей активность α-амилазы по степени разжижения клейстеризованной водномучной суспензии, и представляет собой продолжительность падения штока в секундах. Метод определения вязкости основан на быстрой клейстеризации суспензии муки в воде с последующим определением ее вязкости по времени падения специального штокаплунжера. Чем активнее α-амилаза муки, тем больше разжижается клейстеризованная водномучная суспензия, тем меньше показатель вязкости и продолжительность падения штока, следовательно, и число падения. При определении числа падения испытуемую муку сравнивают с характеристиками, данными в нормативных документах. Сущность метода заключается в определении продолжительности свободного падения шток-мешалки в клейстеризованной водномучной суспензии. Для определения вязкости служит прибор «Амилотест АТ-97» (рисунок 5).

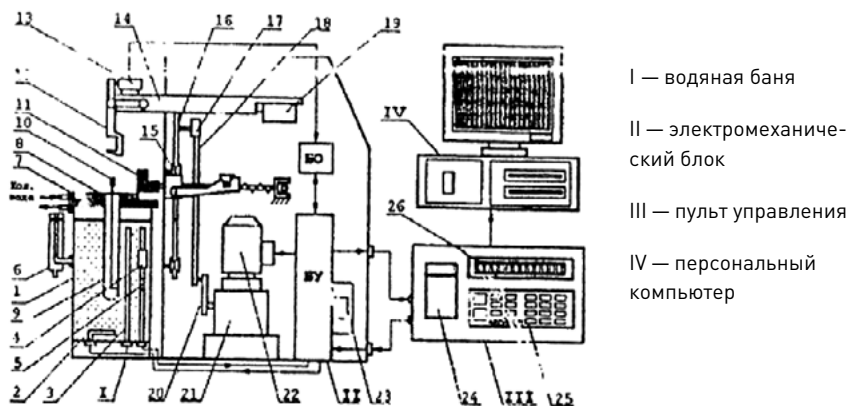


Рисунок 5. Схема прибора «Амилотест АТ-97»: 1 — цилиндрический сосуд; 2 — горизонтальный ТЭН; 3 — вертикальный ТЭН; 4 — датчик уровня; 5 — датчик температуры; 6 — сливное устройство; 7 — крышка охлаждающая; 8 — кассета для пробирок; 9 — пробирка; 10 — шток; 11 — фиксирующий рычаг; 12 — захват штоков; 13 — датчик усилия; 14 — кронштейн; 15 — ролики; 16 — направляющая; 17 — толкатель; 18 — шатун; 19 — электромагнит; 20 — кулиса; 21 — редуктор; 22 — электродвигатель; 23 — трансформатор; 24 — термопечатающее устройство; 25 — клавиатура; 26 — индикатор

Вспомогательные устройства и материалы. Прибор для определения числа падения, мельница лабораторная У1-ЕМЛ или другой марки, весы лабораторные с пределом допускаемой погрешности взвешивания $\pm 0,01$ г, пробирки вискозиметрические с внутренним диаметром $(21,00 \pm 0,02)$ мм, наружным диаметром $(23,80 \pm 0,25)$ мм, высотой внутренней части $(220,0 \pm 0,3)$ мм, пробки резиновые для вискозиметрических пробирок, пипетки вместимостью 25 см^3 , вода дистиллированная.

Подготовка к анализу. Водяную баню через компенсатор заполняют дистиллированной водой и доводят воду в бане до кипения. При определении числа падения в зерне из средней пробы отбирают не менее 300 г зерна и очищают его от сорной примеси. При полном анализе средней пробы пшеницы, в котором оценка засоренности проводится с помощью анализатора У1-ЕАЗ, отбирают 300 г от фракции 1 очищенного на анализаторе зерна пшеницы. Очищенное зерно размалывают на мельнице так, чтобы крупность шрота соответствовала требованиям выше. При размоле на мельнице зерно, влажность которого превышает 18 %, предварительно подсушивают на воздухе или в одном из следующих

устройств: сушильном шкафу, термостате, лабораторном сушильном аппарате ЛСА при температуре воздуха не более 50° С. Определяют влажность размолотого зерна (шрота) по ГОСТ 13586.5-93. При определении в муке числа падения из средней пробы отбирают не менее 300 г муки, просеивают через сито 0,8 мм и определяют ее влажность по ГОСТ 9404-88. Из размолотого зерна или муки для параллельного определения выделяют по две навески, массу которых в зависимости от влажности определяют по табл. 4. Навески заданной массы взвешивают с погрешностью не более 0,01 г.

Таблица 4. Масса навески муки в зависимости от ее влажности

Влажность размолотого зерна или муки, %	Масса навески, г	Влажность размолотого зерна или муки, %	Масса навески, г
9,0-9,1	6,40	13,7-14,3	6,90
9,2-9,6	6,45	14,4-14,6	6,95
9,7-10,1	6,50	14,7-15,3	7,00
10,2-10,6	6,55	15,4-15,6	7,05
10,7-11,3	6,60	15,7-16,1	7,10
11,4-11,6	6,65	16,2-16,6	7,15
11,7-12,3	6,70	16,7-17,1	7,20
12,4-12,6	6,75	17,2-17,4	7,25
12,7-13,3	6,80	17,5-18,0	7,30
13,4-13,6	6,85		

Проведение анализа. Навеску размолотого зерна или муки помещают в вискозиметрическую пробирку, заливают в пробирку пипеткой (25,0±0,2) см³ дистиллированной воды температурой (20±5) °С. Пробирку закрывают резиновой пробкой и энергично встряхивают ее 20–25 раз для получения однородной суспензии. Вынимают пробку, колесиком шток-мешалки перемещают прилипшие частицы продукта со стенок в общую массу суспензии. Пробирку с вставленной в нее шток-мешалкой помещают в отверстие в крышке кипящей водяной бани, закрепив ее держателем таким образом, чтобы фотоэлемент прибора находился против шток-мешалки. В это же время автоматически включается счетчик времени. Через 5 с после погружения пробирки в водяную баню автоматически начинает работать шток-мешалка, которая перемешивает суспензию в пробирке. Через 60 с шток-мешалка автоматически останавливается в верхнем положении, после чего начинается ее свободное

падение. После полного опускания шток-мешалки счетчик автоматически останавливается. По счетчику определяют число падения — время в секундах с момента погружения пробирки с суспензией в водяную баню до момента полного опускания шток-мешалки.

Обработка результатов. За окончательный результат числа падения принимают среднее арифметическое результатов параллельного определения двух навесок, допускаемое расхождение между которыми не должно превышать 10 % от их средней арифметической величины. При превышении допускаемого расхождения определение повторяют. Вычисления проводят до первого десятичного знака с последующим округлением результата до целого числа.

8.3 Определение автолитической активности автолизом

Определение проводится по ГОСТ 27495-87. Сущность метода заключается в определении количества водорастворимых веществ, образующихся при прогревании водно-мучной болтушки, с помощью рефрактометра. Автолитическая активность ржаной муки (обойной) по количеству водорастворимых веществ (в процентах на сухое вещество) оценивается следующим образом: пониженная — до 40, нормальная — от 41 до 55, повышенная — от 55 до 65, резко повышенная — свыше 65. Допустимый уровень автолитической активности пшеничной муки зависит от количества и качества клейковины. При более высоком содержании клейковины допустима более высокая автолитическая активность. Ориентировочное содержание водорастворимых веществ по автолитической пробе пшеничной муки приведено в таблице 5.

Таблица 5. Ориентировочные нормы количества водорастворимых веществ по автолитической пробе (% на сухое вещество) для пшеничной муки

Сорт	При нормальном содержании клейковины среднего и хорошего качества	При пониженном содержании и качестве клейковины
Высший	29,0	20,0
I	30,0	20,0
II	30,0	25,0

Вспомогательные устройства и материалы. Весы лабораторные с пределом допускаемой погрешности взвешивания $\pm 0,05$ г, рефракто-

метр марки РПЛ-2 или аналогичного типа с погрешностью измерения не более 0,04 % сухих веществ по сахарозе, баня водяная лабораторная шестигнездная вместимостью 1,5–1,8 дм³, диаметром 18–20 см, высотой 9–10 см, с обогревом, обеспечивающим равномерное кипение воды, вода дистиллированная, пипетка вместимостью 10 см³, стаканчики фарфоровые вместимостью 50 см³, воронки стеклянные диаметрами 56, 75 и 200 мм, бумага фильтровальная, палочки стеклянные.

Проведение анализа. Во взвешенный на лабораторных весах стаканчик со стеклянной палочкой, остающейся в нем в течение всего определения, отвешивают $(1,00 \pm 0,05)$ г анализируемой муки с точностью до 0,01 г, добавляют 10 см³ дистиллированной воды и тщательно перемешивают палочкой. Стаканчики с пробами одновременно погружают в кипящую водяную баню. Если анализируется меньше 6 проб, то в свободные гнезда вставляют стаканчики с 10 см³ воды. После погружения стаканчиков в гнезда уровень жидкости в них должен быть на 0,75–1 см ниже уровня воды в бане. Расстояние между дном бани и стаканчиком 2–3 см. Прогревание проводят в течение 15 мин. Первые 2–3 мин содержимое стаканчиков перемешивают палочкой для равномерной клейстеризации крахмала муки, причем перемешивают одновременно в двух стаканчиках. По окончании клейстеризации для предохранения от испарения воды стаканчики накрывают стеклянными воронками. После 15-минутного прогрева от момента погружения все стаканчики одновременно вместе с крышкой вынимают из бани и в каждый из них немедленно приливают по $(20 \pm 0,02)$ см³ дистиллированной воды, энергично перемешивают и охлаждают до комнатной температуры. Затем содержимое стаканчиков доводят на весах дистиллированной водой до $(30 \pm 0,05)$ г с точностью до 0,01 г, для чего требуется прилить около 0,15–0,2 г воды. После тщательного перемешивания до появления пены содержимое стаканчиков фильтруют через складчатый фильтр диаметром около 8 см из средне-фильтрующей бумаги. Так как масса получается трудно фильтрующейся из-за своей вязкости, то на фильтр не рекомендуется переносить осадок. Первые 2 капли фильтрата отбрасываются, а последующие 2–3 капли стеклянной палочкой наносят на призму рефрактометра. Фильтрацию проводят непосредственно перед рефрактометрированием.

По стандарту предусмотрено определение водорастворимых веществ с помощью прецизионного рефрактометра марки РПЛ и РПЛ-2 согласно инструкции, приложенной к нему. Можно использовать также лабораторный рефрактометр РЛ, но в этом случае точность определений

значительно снижается. Температурные колебания оказывают большое влияние на правильность отсчета показания прибора, поэтому при работе с рефрактометром нужно обращать внимание на отклонения температуры уже в 0,2 °С и вводить соответствующие поправки (таблица 6). Для пересчета на сухое вещество определяют влажность муки.

Таблица 6. Поправки к показаниям рефрактометра при отклонении температуры от 20 °С

Температура (в °C)	Единицы шкалы рефрактометра											
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Отнять от найденных показаний рефрактометра												
10	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,15	2,3	2,4	2,5	2,65	2,8	
11	1,3	1,4	1,55	1,7	1,8	1,95	2,1	2,2	2,3	2,4	2,55	
12	1,2	1,3	1,4	1,55	1,65	1,75	1,9	2,0	2,05	2,2	2,3	
13	1,05	1,15	1,25	1,35	1,45	1,55	1,65	1,75	1,8	1,9	2,0	
14	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,45	1,5	1,55	1,65	1,7	
15	0,8	0,85	0,9	1,0	1,1	1,15	1,2	1,3	1,3	1,4	1,45	
16	0,6	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	1,15	
17	0,5	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	
18	0,35	0,35	0,4	0,4	0,45	0,5	0,5	0,5	0,55	0,55	0,6	
19	0,15	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	
Прибавить к найденным показаниям рефрактометра												
21	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	
22	0,35	0,4	0,4	0,45	0,5	0,5	0,5	0,55	0,6	0,6	0,6	
23	0,55	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,85	0,85	0,9	0,95	
24	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	
25	0,9	1,0	1,1	1,15	1,2	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,6	
26	1,1	1,15	1,2	1,4	1,45	1,55	1,65	1,7	1,75	1,85	1,95	
27	1,4	1,45	1,6	1,7	1,75	1,85	1,95	2,0	2,05	2,1	2,2	
28	1,6	1,7	1,8	1,95	2,0	2,1	2,25	2,3	2,4	2,5	2,6	
29	1,8	1,95	2,05	2,2	2,3	2,4	2,55	2,65	2,75	2,85	3,0	
30	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,75	2,85	2,95	3,2	3,2	3,3	

Обработка результатов. Количество водорастворимых веществ в муке (X) в пересчете на сухое вещество выражают в процентах и вычисляют по формуле:

$$X = \frac{\alpha \cdot 100}{100 - w_m},$$

где α — количество сухих веществ, определяемых по таблице, прилагаемой к рефрактометру, или непосредственно на шкале прибора, умноженное на 30 %;

w_m — влажность муки, %.

Вычисления проводят с точностью до первого десятичного знака. За окончательный результат испытания принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, допускаемое расхождение между которыми не должно превышать 3 %.

8.4 Определение наличия α -амилазы в пшеничной муке

Амилолитические ферменты катализируют расщепление крахмала до моно- и дисахаридов. При наличии α -амилазы в пшеничной муке после термостатирования водно-мучной суспензии и добавлении в качестве индикатора йода появляется фиолетовая окраска. Если в муке не содержится α -амилаза наблюдается типичное синее окрашивание.

Вспомогательные устройства и материалы. Весы лабораторные, баня водяная, фильтр бумажный, плитка электрическая, часы, термостат, 11 пробирок емкостью 15–20 см³, воронка, пипетка мерная, 1 %-ный растворимый крахмал, 0,05 н. раствор йода.

Проведение анализа. 25 г муки размешивают со 100 см³ воды, хорошо взбалтывают и помещают в термостат на 30 мин при температуре 30 °С. По истечении указанного времени смесь фильтруют и полученную вытяжку разливают в 10 пробирок, начиная от 0,1 см³ (пробирка № 1) и кончая 1 см³ (пробирка № 10). Во все пробирки добавляют по 9 см³ 1 %-ного растворимого крахмала и содержимое пробирок доливают водой до 10 см³ (т. е. в пробирку № 1 доливают 0,9 см³ воды, в № 2–0,8 см³ воды и т. д.). Кроме того, в качестве контроля берут еще одну пробирку (№ 11), в которую наливают 9 см³ раствора крахмала и 1 см³ воды. Немедленно после заполнения пробирки погружают в водяную баню при 40 °С на 30 мин, затем содержимое их быстро охлаждают и в каждую пробирку добавляют по одной капле йодного раствора; получающуюся при этом окраску сразу после добавления йода, тщательно перемешивая, сравнивают с окраской контрольной пробирки. При быстром исчезновении окраски следует добавить дополнительно еще несколько капель

йодного раствора, но во всех случаях одинаковое количество. Если мука с нормальной автолитической активностью, в пробирках наблюдается типичное синее окрашивание. При наличии в муке α -амилазы появляется фиолетовая окраска, причем, чем активнее α -амилаза взятой муки, тем меньшее количество вытяжки способно вызывать появление фиолетового или даже красно-фиолетового окрашивания.

8.5. Определение активности α -амилазы в муке и зерновых продуктах

Определение активности α -амилазы в зерне и зерновых продуктах проводят по ГОСТ Р 51228–98. Метод используют также для оценки активности α -амилазы в добавках грибкового или бактериального происхождения. Активность α -амилазы продукта равна 1 единице, если фермент, извлеченный из 1 г продукта, в объеме 1 дм³, при определенных условиях вызывает за одну секунду гидролитическое расщепление $1,024 \times 10^{-5}$ единиц субстрата β -конечного декстрина в пересчете на единицу наличного субстрата. β -конечный декстрин является продуктом полного расщепления крахмала β -амилазой. В ходе реакции через определенные интервалы времени аликвоты реакционной смеси добавляют к раствору йода. Снижение интенсивности окраски при увеличении времени реакции характеризует ферментную активность.

Вспомогательные устройства и материалы. Основной раствор йода, разбавленный раствор йода, буферный раствор, раствор хлористого кальция 2 г/дм³, раствор конечного декстрина, порошок зерновой β -амилазы, свободный от α -амилазы, водяные бани с постоянной температурой ($30,0 \pm 0,1$ °С) и с постоянной температурой ($20,0 \pm 0,5$ °С), спектрофотометр (способный работать при длине волны 575 нм) или колориметр (снабженный желтым фильтром длиной волны максимального пропускания около 575 нм и соответствующей полушириной полосы), секундомер с секундной стрелкой, сито с продолговатыми отверстиями 1,0 мм, сито с отверстиями диаметром 0,8 мм, лабораторная мельница, центрифуга (со стаканами емкостью 100 см³ с фактором разделения 3000), рН-метр со стеклянным электродом (откалиброванный при рН 4 и проверенный при рН 10 с использованием соответствующих буферных растворов), весы лабораторные с погрешностью $\pm 0,05$ г, весы лабораторные с погрешностью $\pm 0,0004$ мг.

Подготовка к анализу. Приготавливают основной раствор йода: растворяют 11,0 г йодистого калия в минимальном количестве воды и добавляют 5,50 г кристаллов йода, перемешивают до полного растворения йода и разбавляют до 250 см³. Хранят раствор в темноте в склянке из коричневого стекла. Срок хранения раствора 1 мес. Приготавливают разбавленный раствор йода: растворяют 40,0 мг йодистого калия в воде, добавляют 4,00 см³ основного раствора йода и разбавляют до 1000 см³. Раствор следует готовить в день использования. Приготавливают буферный раствор: растворяют 120 см³ ледяной уксусной кислоты и 164 г безводного уксуснокислого натрия или 272 г тригидрата уксуснокислого натрия ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) в воде и разбавляют до 1000 см³. Приготавливают раствор хлористого кальция: растворяют 2,0 г безводного хлористого кальция или 2,6 г дигидрата хлористого кальция ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), или 3,9 г гексагидрата хлористого кальция ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) в воде и разбавляют до 1000 см³. Для раствора конечного декстрина используют растворимый крахмал Линтнера.

Навеску крахмала массой 10,00 г сухого вещества суспендируют 20,0 см³ воды. Приготовленную суспензию медленно, при помешивании выливают в химический стакан с 300 см³ кипящей воды. Для полного перенесения крахмала его смывают водой. Раствор медленно кипятят в течение 2 мин при помешивании и затем охлаждают в проточной воде до температуры не выше 30 °С. Химический стакан с раствором крахмала покрывают часовым стеклом во избежание образования пленки на поверхности раствора крахмала. Затем добавляют 25 см³ буферного раствора и 250 мг β -амилазы, растворенной приблизительно в 5 см³ воды. Объем доводят водой до 500 см³, добавляют несколько капель толуола и весь раствор перемешивают. pH раствора должен составлять (4,7±0,1). Если pH находится вне этих пределов, раствор аннулируют. Прежде чем раствор используют в качестве субстрата, он должен быть выдержан при комнатной температуре не менее 20 ч. Раствор следует хранить не более 5 дней при температуре не выше 25 °С. Масса зерна, подлежащая размолу, должна составлять около 300 г. Отбирают ручную крупную сорную примесь, удаляют пыль и другие мелкие примеси путем просеивания на сите с продолговатыми отверстиями. Оставшееся на сите зерно размалывают на мельнице и просеивают через сито с отверстиями 0,8 мм, затем тщательно перемешивают. Навеску муки просеивают через сито с отверстиями 0,8 мм, разбивая комочки.

Проведение анализа. Настройка спектрофотометра или колориметра: в химический стакан емкостью 100 см³ наливают пипеткой 2,0 см³ раствора хлористого кальция и 10,0 см³ разбавленного раствора йода, доливают из бюретки объем воды, установленный при контроле субстратного раствора, и смешивают. Доводят до 20 °С, поместив химический стакан в водяную баню. Наполняют кювету этим раствором и помещают ее в спектрофотометр (отрегулированный на длину волны 575 нм) или колориметр (снабженный соответствующим желтым фильтром), и регулируют ширину щели таким образом, чтобы на шкале оптической плотности прибора установился ноль. Настройку прибора контролируют регулярно в период измерения.

Контроль раствора субстрата: приливают пипеткой 5,0 см³ раствора конечного декстрина и 15,0 см³ раствора хлористого кальция в химический стакан емкостью 100 см³, перемешивают и переносят 2,0 см³ смеси в другой аналогичный сухой стакан. Сюда же вносят пипеткой 10,0 см³ разбавленного раствора йода и с помощью бюретки необходимый объем воды, как описано ниже. Перемешивают содержимое стакана, доводят его температуру до 20 °С погружением стакана в водяную баню. Заполняют кювету небольшим количеством этой смеси, помещают ее в выбранный прибор и измеряют оптическую плотность. Кювету, наполненную раствором хлористого кальция и разбавленного йода, приготовленного по методике, приведенной выше, используют для сравнения. Методом проб и ошибок подгоняют объем добавляемой воды из бюретки так, чтобы значения оптической плотности находились между 0,55 и 0,60 (5,5 и 6,0 в определенных приборах). Этот объем воды используют для настройки спектрофотометра, колориметра и при определении всех значений оптической плотности. Если при настройке прибора было использовано другое количество воды, повторяют юстировку с полученным объемом воды.

Экстракция фермента: взвешивают в колбе или пробирке, снабженных пробками, около 5 г размолотого зерна или муки с точностью ± 0,05 г (допускается использование меньшей навески продукта с высокой ферментной активностью, при точности взвешивания 1 % и выше, если масса превышает 2/А грамм, где А — активность продукта в единицах). К анализируемой навеске добавляют 100,0±0,5 см³ раствора хлористого кальция, предварительно подогретого до 30 °С в водяной бане и тщательно смешивают встряхиванием. После 15, 30 и 45 мин вынимают колбу или пробирку из водяной бани, переворачивают вверх дном и обратно 10 раз и вновь погружают в баню. (Постоянное встряхивание дает ва-

рырующие результаты, поэтому не рекомендуется встряхивать чаще указанных периодов времени). После 60 мин экстракции колбу или пробирку вынимают и без встряхивания немедленно сливают содержимое в пробирку центрифуги или переносят на фильтр. Растворы не следует оставлять в смесительном сосуде. Необходимо либо центрифугировать суспензию в течение 10 мин при 1000–2000 об/мин, либо отфильтровывать требуемое количество, отбрасывая первые капли, до получения прозрачного экстракта. Экстракты ржи желательно центрифугировать, так как их трудно фильтровать. Анализируют жидкость после фильтрации или центрифугирования.

Определение расщепления конечного декстрина: 15,0 см³ ферментного экстракта переносят с помощью пипетки в опытную пробирку или колбу емкостью 50 см³, закрывают все пробкой и погружают в водяную баню при 30 °С. В другую пробирку или колбу заливают около 20 см³ субстрата конечного декстрина, закрывают пробкой и помещают также в водяную баню при 30 °С.

Когда экстракт и субстрат прогреются до 30 °С (приблизительно через 5–10 мин), переносят пипеткой (с быстрым истеканием) 5,0 см³ субстрата в пробирку или колбу, содержащую 15,0 см³ экстракта, закрывают пробкой и перемешивают при энергичном встряхивании. Одновременно с внесением субстрата включают секундомер. В каждую из опытных пробирок или колб емкостью по 50 см³ вносят пипеткой 10,0 см³ разбавленного раствора йода, добавляют из бюретки объем воды, установленный при контроле субстратного раствора, смешивают путем вращения, закрывают пробки и погружают в водяную баню при 20 °С. С интервалом 5 или 10 мин выполняют следующие действия:

1) наливают пипеткой 2,0 см³ смеси фермента и субстрата в одну из опытных пробирок или колб, содержащих смесь разбавленного раствора йода и воды;

2) смешивают путем вращения;

3) доводят температуру до 20 °С погружением в водяную баню;

4) заливают в кювету и измеряют оптическую плотность.

Температура растворов в спектрофотометре или колориметре влияет на оптическую плотность и поэтому должна поддерживаться около 20 °С. Временной интервал между отмериванием пипетками и измерением оптической плотности обычно не имеет непосредственного влияния на результаты, но не должен превышать 1 ч. Измерение оптической плотности серии растворов продолжают пока не будет залита пипеткой

последняя порция 2 см³ смеси ферментного экстракта и субстрата. Концентрация фермента в реакционной смеси должна быть подобрана таким образом, чтобы 35–60 % субстрата разложилось в течение 15–40 мин, т. е. последнее значение оптической плотности должно составлять 40–65 % от оптической плотности, полученной при проверке субстратного раствора. Если оптическая плотность уменьшается слишком быстро, необходимо разбавить ферментный экстракт раствором хлористого кальция и провести новое определение. Если амилазная активность пробы низкая, что наблюдается у некоторых проб муки, то необходимо увеличить время реакции до 60 мин и более для получения точных результатов.

Примечания: разложение субстрата в диапазоне 35–60 % за определенное время можно легко установить без прибора посредством визуального сравнения. Смешивают 1 часть раствора субстрата конечного декстрина с 3 частями раствора хлористого кальция. Готовят две смеси из 10 см³ разбавленного раствора йода и объема воды, установленного при контроле раствора субстрата. Добавляют к одной из двух смесей 1,3 см³, а к другой 0,8 см³ смеси раствора конечного декстрина и раствора хлористого кальция. Интенсивность окраски будет соответствовать 35 и 60 % расщепления. Интенсивность окраски в смесях фермента и субстрата можно визуально сравнить с этими двумя растворами. При всех измерениях соотношение между объемом ферментного экстракта, разбавленного ферментного экстракта или раствора хлористого кальция (при проверке субстратного раствора) и объемом субстрата конечного декстрина должно быть 3:1.

Обработка результатов. Активность α -амилазы на абсолютно сухое вещество, ед., вычисляют по формуле:

$$A = \frac{500 \cdot f}{m} \cdot \frac{100}{100 - h} \cdot \frac{\lg D_1 - \lg D_2}{t_1 - t_2} = \frac{500 \cdot f \cdot b}{m} \cdot \frac{100}{100 - h},$$

где m — масса продукта, экстрагированная в 100 см³ раствора хлористого кальция, г;

h — влажность, %;

f — коэффициент разбавления, если ферментный препарат был разбавлен перед добавлением субстрата;

D_1 и D_2 — значение оптической плотности, соответствующее временным интервалам t_1 и t_2 ;

t_1 и t_2 — временные интервалы между добавлением субстрата к ферменту и внесением этой смеси в раствор йода, мин;

b — абсолютная величина наклона $\lg D$ по отношению к t .

Единица, определенная выше, называется A -единицей. Эмпирически было установлено, что одна A -единица эквивалентна 0,11 единицам СКБ.

Коэффициент 500 в формуле введен во избежание слишком низких чисел для обычных видов муки. Его соответствие определению активности альфа-амилазы данному выше, доказывается следующими выводами. Концентрация фермента в ходе определения в граммах сухого вещества на литр соответствует формуле:

$$m \cdot \frac{100-h}{100} \cdot \frac{1000}{100} \cdot \frac{15}{15+5} \cdot \frac{1}{f} = 7,5 \cdot \frac{m}{f} \cdot \frac{100-h}{100}.$$

Поскольку значение оптической плотности пропорционально количеству субстрата S , использование вышеуказанного уравнения приводит к формуле:

$$\begin{aligned} b &= \frac{d \lg D}{dt} = \frac{1}{2,303} \cdot \frac{dS}{dt} = 1,024 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{60}{2,303} \cdot 7,5 \cdot \frac{m}{f} \cdot \frac{100-h}{100} \cdot A = \\ &= 2,00 \cdot 10 \cdot \frac{m}{f} \cdot \frac{100-h}{100} \cdot A \end{aligned}$$

Коэффициент 60 введен, поскольку t выражается в минутах. Скорость ферментного расщепления конечного декстрина характеризуется отношением $(\lg D_1 - \lg D_2)/(t_1 - t_2)$. Это отношение можно оценить по двум наблюдениям. Обычно первое измерение оптической плотности после 5 или 10 мин выбирают как D_1 , но для этой цели могут быть использованы и другие измерения.

С другой стороны, это отношение можно определить из большего числа определений, исходя из значения наклона b линии $\lg D$ по отношению к t .

Пример. Пробу массой 5,20 г с влажностью 14,60 % экстрагировали 100 см³ раствора хлористого кальция. Поскольку скорость реакции с конечным декстрином была слишком высокой, ферментный экстракт был разбавлен раствором хлористого кальция. К 1 части экстракта было добавлено 1,5 части раствора хлористого кальция. Поэтому $f=1+1,5=2,5$.

Через 5, 10 и 20 мин после смешивания субстрата и ферментного экстракта были получены следующие значения оптической плотности:

Время, мин	Оптическая плотность D	$\lg D(+1)$
5	0,498	0,697
10	0,425	0,628
20	0,308	0,489

Из измерений после 5 и 10 мин:

$$b = \frac{0,697 - 0,628}{10 - 5} = 0,0138 \text{ мин}^{-1}.$$

Из графика $\lg D$ по отношению к t (рисунок 6), построенному по всем трем наблюдениям, $b = 0,01391 \text{ мин}^{-1}$. Получим:

$$A = \frac{500 \cdot 2,5 \cdot 0,01391}{5,20} \cdot \frac{100}{100 - 14,60} = 3,9 \text{ единицы}.$$

Рассчитывают среднее арифметическое значение результатов двух определений с учетом того, что расхождение между этими двумя результатами не должно превышать максимума, указанного далее.

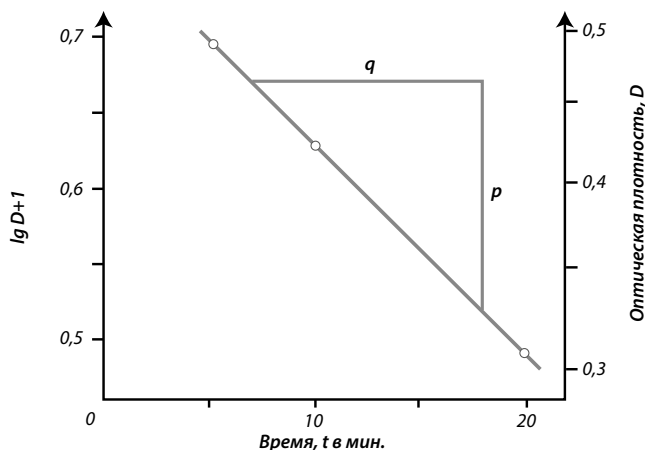


Рисунок 6. График $\lg D$ по отношению к t для определения наклона линии b

Если расхождение больше, повторяют определение в двух повторностях и рассчитывают среднее арифметическое значение вновь полученных результатов. Округляют в соответствии:

Активность, единицы	Интервал округлений, единицы
<50	0,1
50–500	1
500–5000	10
5000–50000	100 и т. д.

Относительное допускаемое расхождение между результатами двух параллельных определений при вероятности $P=0,95$ не должно превышать 10 % их среднего арифметического значения. Абсолютное допускаемое расхождение между результатами двух параллельных определений при вероятности $P=0,95$ не должно превышать 0,2 единицы при среднем арифметическом значении не более 2 единиц.

8.6 Определение сахарообразующей способности муки

Одним из основных показателей хлебопекарных свойств муки является ее сахарообразующая способность. Она характеризуется способностью муки образовывать резерв остаточных сахаров, необходимых для получения хлеба нормального качества.

Некоторые аспекты влияния сахарообразующей способности на процесс хлебопечения:

- Брожение теста. Собственных сахаров в муке немного, и они расходуются на самых первых этапах брожения. В дальнейшем в спиртовом брожении участвует мальтоза, которая образуется в тесте за счёт расщепления крахмала. Диоксид углерода, возникающий при брожении, поднимает и разрыхляет тесто, определяя в итоге пористость хлеба.
- Образование ароматических веществ и окрашивание корки. Часть сахара должна к моменту выпечки хлеба остаться несброженной для образования ароматических веществ и окрашивания корки.
- Получение хлеба хорошего качества. Если пшеничная мука имеет пониженную сахарообразующую способность, то для получения из неё хлеба хорошего качества необходимо активизировать гидролиз крахмала.

Сахарообразующую способность муки зависит от сорта муки и физиологического состояния зерна, из которого она получена. На этот показатель также влияет размер частиц муки и степень повреждения крахмальных зёрен при помоле зерна: чем мельче частицы муки и зерна

крахмала и чем в большей мере они повреждены, тем выше сахарообразующая способность муки.

Для пшеничной муки сахарообразующая способность зависит от доступности крахмала, на который действует фермент β -амилаза. Чем мельче частицы муки и зерна крахмала и чем в большей мере они повреждены при размоле зерна, тем выше сахарообразующая способность муки.

Для ржаной муки сахарообразующая способность всегда более чем достаточная. Это связано с тем, что ржаная мука отличается большим содержанием собственных сахаров, более низкой температурой клейстеризации крахмала и наличием в муке даже из непроросшего зерна практически значимых количеств α -амилазы.

Сахарообразующая способность муки также может быть повышенной, если она приготовлена из проросшего зерна. В такой муке наряду с β -амилазой содержится и активная α -амилаза, что обеспечивает более полный гидролиз крахмала и, как следствие, более высокую сахарообразующую способность муки.

Сахарообразующую способность выражают в мг мальтозы (единицах), образовавшейся в болтушке из 10 г муки и 50 см³ воды после настаивания ее в течение 1 ч на водяной бане при температуре 27°C. Сахарообразующая способность пшеничной муки I и II сортов 275–300 ед. Метод основан на способности муки образовывать при брожении теста сахар под действием ферментов. Эта способность муки зависит от активности ферментов, под действием которых происходит процесс разложения сложных сахаров на простые.

Вспомогательные устройства и материалы: весы лабораторные, баня водяная, фильтр бумажный, плитка электрическая, часы, термометр, колбы мерные емкостью 100 см³, колба коническая, воронка, пипетка мерная, сульфат цинка (15 %-ный раствор), NaOH (4 %-ный раствор), железоаммонийные квасцы, сульфат меди (4 %-ный раствор), щелочной раствор сегнетовой соли, фенолфталеин (спиртовой раствор с массовой долей 1 %), перманганат калия (0,1 н. раствор), щавелевокислый аммоний, серная кислота концентрированная.

Проведение анализа. На лабораторных весах взвешивают 10 г муки с точностью 0,05 г, всыпают ее в сухую мерную колбу вместимостью 100 см³ и погружают в водяную баню с температурой 27 °C. Одновременно в другую колбу отмеряют 50 см³ дистиллированной воды, которую прогревают на водяной бане при той же температуре 15 мин. Затем воду вливают в колбу с мукой, хорошо взбалтывают, чтобы не осталось

комочков муки, и оставляют в той же бане на 1 ч. Содержимое колбы взбалтывают через каждые 15 мин. Температуру во время опыта необходимо поддерживать равной 27°C. Через час колбу вынимают из бани и для осаждения белковых веществ и прекращения действия ферментов быстро приливают пипеткой при перемешивании 10 см³ 15 %-ного раствора сульфата цинка, а затем 10 см³ 4 %-го раствора NaOH. Колбу на 30 мин помещают в водяную баню температурой 45–50 °C для более полной реакции. Затем смесь охлаждают до комнатной температуры, объем содержимого доводят дистиллированной водой до 100 см³, перемешивают и фильтруют в сухой складчатый фильтр в сухую колбу.

После этого отмеряют пипеткой 20 см³ фильтрата и переносят его в коническую колбу, туда же добавляют 20 см³ 4 %-ного раствора сульфата меди и 20 см³ щелочного раствора сегнетовой соли. Смесь нагревают до кипения и кипятят 3 мин с момента образования пузырьков, следя за тем, чтобы кипение не происходило бурно; затем колбу снимают с огня и дают осадку осесть. Жидкость над осадком должна иметь ярко-синюю окраску; если жидкость обесцвечена, то это указывает на чрезмерно большую концентрацию сахара. Далее жидкость фильтруют. Осадок в колбе и на фильтре промывают несколько раз горячей водой. При промывании следят за тем, чтобы образовавшийся в результате реакции осадок закиси меди был все время покрыт жидкостью и не соприкасался с воздухом.

Окончив промывание, воронку с фильтром переносят в другую колбу. Осадок растворяют в колбочке с 20 см³ раствора железомононитрических квасцов. Когда осадок в колбе и на фильтре полностью растворится, фильтр промывают несколько раз холодной водой, до тех пор, пока капля фенолфталеина в профильтрованной воде не станет бесцветной, что свидетельствует об отсутствии кислой реакции. Полученный зеленоватый раствор титруют перманганатом калия до появления слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин. Израсходованное на титрование количество миллилитров раствора перманганата калия умножают на его титр по меди (Т), а отсюда вычисляют по таблице 7 количество редуцирующих сахаров во взятом первоначальном объеме.

Титр марганцовокислого калия устанавливают следующим образом. На аналитических весах отвешивают около 0,140 г щавелевокислого аммония, нагревают в фарфоровой чашке со 100 см³ воды и 2 см³ концентрированной серной кислоты на водяной бане до температуры 60–80 °C, употребляя вместо палочки для размешивания термометр, и титруют

из бюретки раствором марганцовокислого калия при постоянном помешивании до появления розового окрашивания.

Обработка результатов. Титр раствора марганцовокислого калия по меди (Т) вычисляют, пользуясь следующей формулой:

$$T = \frac{g \cdot 0,8951}{V},$$

где — навеска щавелевокислого аммония, г;

V — количество раствора марганцовокислого калия, пошедшего на титрование, см³;

0,8951 — коэффициент пересчета щавелевокислого аммония на медь.

Содержание сахара в процентах (X) в пересчете на сухое вещество вычисляют по формуле:

$$X = \frac{g_1 \cdot V \cdot 100 \cdot 2}{g \cdot 20 \cdot 1000} \cdot \frac{100}{100 - W},$$

где g₁ — количество сахарозы в мг, найденное по табл. 7;

V — объем мерной колбы, взятой для приготовления водной вытяжки, см³;

g — навеска испытуемого продукта, г;

20 — объем испытуемого раствора, взятый для определения сахара, см³;

W — содержание влаги в испытуемом продукте, определенное высушиванием до постоянной массы, %;

1000 — коэффициент перевода миллиграммов сахарозы в граммы;

2 — двойное разведение вытяжки при проведении гидролиза сахарозы.

Таблица 7. Зависимость содержания сахарозы от количества меди, мг

Сахароза	Медь	Сахароза	Медь	Сахароза	Медь
1	2	3	4	5	6
9,50	20,6	38,95	79,5	68,4	132,4
10,45	22,6	39,90	81,2	69,35	134,0
11,40	24,6	40,85	83,0	70,30	135,6
12,35	26,5	41,80	84,8	71,25	137,2
13,30	28,5	42,75	86,5	72,20	138,9
14,25	30,5	43,70	88,3	73,15	140,5

1	2	3	4	5	6
15,20	32,5	44,65	90,1	74,10	142,1
16,15	34,5	45,60	91,9	75,05	143,7
17,10	36,4	46,55	93,6	76,00	145,3
18,05	40,4	47,50	95,4	76,95	146,9
19,00	42,3	48,45	97,1	77,90	148,5
19,95	42,3	49,40	98,9	78,85	150,0
20,90	44,2	50,35	100,6	79,80	151,6
21,85	46,1	51,30	102,3	80,75	153,2
22,80	48,0	52,25	104,0	81,70	154,8
23,75	49,8	53,20	105,7	82,65	156,4
24,70	51,7	54,15	107,4	83,60	157,9
25,65	53,6	55,10	109,2	84,55	159,5
26,60	55,5	56,05	110,9	85,50	161,1
27,55	57,4	57,00	112,6	86,45	162,6
28,50	59,3	57,95	114,3	87,40	164,2
29,45	61,1	58,90	115,2	88,35	165,7
30,40	63,0	59,85	117,6	89,30	167,3
31,35	64,8	60,80	119,2	90,25	168,8
32,30	66,7	61,75	120,9	91,20	170,3
33,25	68,5	62,70	122,6	92,15	171,9
34,20	70,3	63,65	124,2	93,10	173,4
35,15	72,2	64,60	125,9	94,05	175,0
36,10	74,0	65,55	127,5	95,00	176,5
37,05	75,9	66,50	129,2		
38,00	77,7	67,45	130,8		

8.7 Определение активности липоксигеназы муки

Липоксигеназа влияет на свойства муки, теста и готовых хлебобулочных изделий. Положительное воздействие:

- улучшение реологических свойств теста — улучшение газо- и формоудерживающей способности теста, увеличение объема хлеба и уменьшение расплываемости подовых изделий.
- укрепление клейковины — это особенно важно при использовании муки с излишне растяжимой клейковиной.

Отрицательное действие: переизбыток липоксигеназы стимулирует окислительную порчу продукции — прогоркание.

Липоксигеназа катализирует окисление кислородом воздуха ненасыщенных жирных кислот — линолевой, линоленовой и арахидоновой, превращая их в гидроперекиси, которые в свою очередь являются активными окислителями. Они могут вызывать окисление SH-групп протеиназы, глутатиона и остатков цистеина в полипептидных цепочках самого белка. В результате этого упрочняется структура белка и снижается его атакемость протеиназами. Активность липоксигеназы муки определяют спектрофотометрическим методом. Сущность метода заключается в учете образующихся перекисных соединений по характерному ими поглощению света при длине волны 234 нм.

Вспомогательные устройства и материалы. Весы лабораторные, мешалка, спектрофотометр, фильтры, воронка делительная, колба коническая на 150–200 см³, колба мерная на 100 см³, цилиндр мерный, пипетки на 0,5, 1 и 10 см³, пробирки, вода дистиллированная, масло подсолнечное, гидроокись калия раствор концентрации 1 моль/дм³, спирт 96 % этиловый, реактив Твин-40, буфер боратный с pH = 9.

Подготовка к анализу. 5 г муки перемешивают со 100 см³ дистиллированной воды с помощью мешалки при частоте вращения 3000 об/мин в течение 5 минут. Из полученной суспензии, не выключая мешалку, отбирают пробу для определения общей активности липоксигеназы ($LA_{общ}$). Оставшуюся суспензию фильтруют. Фильтрат используют для определения водорастворимой части липоксигеназы ($LA_{раств}$). Для приготовления субстрата 50 г рафинированного подсолнечного масла нагревают, 15 г КОН разбавляют в 10 см³ воды и 50 см³ спирта. Оба раствора нагревают до начала кипения. Щелочной раствор вливают в раствор масла. Смесь перемешивают, нагревая ее до полного разложения мыла. Жирные кислоты отделяют в делительной воронке и промывают горячей водой. Липоксигеназа пшеницы оптимально действует в слабокислой среде. Для получения гомогенного субстрата вносят 0,5 см³ реактива Твин-40 в 10 см³ боратного буфера с pH = 9, затем по каплям добавляют 0,5 см³ смеси жирных кислот, активно перемешивают и добавляют 1,3 см³ раствор КОН концентрации 1 моль/дм³. Доводят объем до 100 см³ боратным буфером.

Проведение анализа. Непосредственно перед определением субстрат разбавляют 2,5 частями воды и подкисляют до слабокислой среды. В коническую колбу вносят 10 см³ субстрата и 1 см³ суспензии (при опреде-

лении $LA_{\text{общ}}$) или вытяжки фермента (при определении $LA_{\text{раств}}$). Через 20 минут из колбы отбирают по две параллельные пробы ($0,5 \text{ см}^3$ каждая) и переносят их в пробирки, содержащие $4,5 \text{ см}^3$ спирта. В отобранных пробах определяют оптическую плотность на спектрофотометре при длине волны 234 нм. Контролем служит проба, в которой к 10 см^3 субстрата вместо фермента добавлен 1 см^3 воды. За показатель активности липоксигеназы принимают увеличение оптической плотности субстрата за 20 минут реакции.

8.8 Определение газообразующей способности муки

Газообразующая способность муки является важным свойством пшеничной муки, характеризующим ее хлебопекарное достоинство. Газообразующая способность муки обуславливается содержанием в ней собственных сахаров и ее сахарообразующей способностью. Последняя, в свою очередь, зависит от количества и активности амилалитических ферментов муки, от размеров, характера и состояния крахмальных зерен.

Располагая данными о газообразующей способности муки, можно предвидеть интенсивность брожения теста, ход расстойки и с учетом количества и качества клейковины в муке — качество готового хлеба (его пористость, объем, окраску корки и т. д.).

Газообразующая способность муки определяется количеством углекислого газа, который выделяется в процессе брожения теста. Для этого замешивают тесто из 100 г муки с массовой долей влаги 14 %, 60 см^3 питьевой воды и 10 г прессованных дрожжей.

По результатам определения выделяют:

- муку с низкой газообразующей способностью (выделяет меньше 1300 см^3 углекислого газа);
- муку с нормальной газообразующей способностью (выделяет 1300 – 1600 см^3 углекислого газа);
- муку с высокой газообразующей способностью (выделяет больше 1600 см^3 углекислого газа).

Также существует ускоренный метод определения газообразующей способности пшеничной муки на приборе Яго-Островского за 3 ч брожения теста при температуре 35°C , используя в два раза меньше сырья. В этом случае за показатель газообразующей способности муки принимают объём диоксида углерода, выделившегося за 3 ч брожения теста, умноженный на 2. Если за 3 ч брожения накопилось менее 850 см^3

диоксида углерода, мука имеет низкую газообразующую способность, при 850–1050 см³ — среднюю, свыше 1050 см³ — повышенную.

Методика исследований. Замешивают тесто из (100,00±0,05) г муки влажностью 14,0 %, (60,00±0,05) см³ воды и (10,00±0,02) г дрожжей. При другой влажности массу муки изменяют так, чтобы тесто без учета вносимых дрожжей содержало 86,0 г сухих веществ муки.

Сохраняя постоянный объем добавляемой воды (60,00±0,05) см³, рассчитывают массу муки G_M , г, необходимую для замеса теста:

$$G_M = \frac{86 \cdot 100}{100 - W_M},$$

где W_M — влажность муки, %;

86 — содержание сухих веществ муки в тесте, г.

Температуру воды t_B , °C, расходуемую на замес теста, при условии, что температура теста будет равна 30 °C, определяют по формуле:

$$t_B = t_T + \frac{G_M \cdot C_M \cdot (t_T - t_M)}{G_B \cdot C_B} + k,$$

Замешенное тесто раскатывают в жгутик, опускают в емкость для брожения, уминают деревянным шпателем, настраивают прибор для работы, проверяют его герметичность и помещают в термостат с температурой 30 °C.

За показатель газообразующей способности муки принимают объем диоксида углерода, выделившийся за 5 ч брожения теста при 30 °C. Если за это время объем выделившегося диоксида углерода меньше 1300 см³, газообразующую способность оценивают как низкую. При выделении 1300–1600 см³ диоксида углерода мука имеет среднюю газообразующую способность, свыше 1600 см³ — повышенную.

В целях экономии сырьевых ресурсов газообразующую способность пшеничной муки определяют на приборе Яго-Островского ускоренным методом за 3 ч брожения теста при температуре 35 °C. Массу муки G_M , г, и температуру воды на замес теста t_B , °C, рассчитывают по приведенным формулам.

Подготовленный прибор Яго-Островского помещают в термостат при температуре 35 °C, фиксируют начало опыта и через каждые 30 мин определяют и записывают объем накопившегося в цилиндре насыщенного раствора поваренной соли (см³), который соответствует объему диоксида углерода (см³).

В данном случае за показатель газообразующей способности муки принимают объем диоксида углерода, выделившийся за 3 ч брожения теста, умноженный на 2 (так как для проведения опыта использовали в 2 раза меньше сырья).

Если за 3 ч брожения накопилось менее 850 см³ диоксида углерода, мука имеет низкую газообразующую способность, при 850–1050 см³ — среднюю, свыше 1050 см³ — повышенную. По результатам анализа строят график изменения объема диоксида углерода в течение 3 ч (180 мин). По оси ординат откладывают объем CO₂ (см³), по оси абсцисс — продолжительность брожения (мин). Делают вывод о газообразующей способности используемой муки, сравнивая результаты с приведенными нормами.

8.9 Определение газоудерживающей способности теста

Газоудерживающая способность теста — это способность теста, изготовленного из определённой муки, удерживать в себе углекислый газ, который выделяется при брожении.

Газоудерживающую способность теста определяют по изменению его объёма в процессе расстойки. Растягиваясь под давлением выделяющегося диоксида углерода, тесто увеличивается в объёме. Газоудерживающая способность теста в биотехнологии хлеба зависит от белков, их количества и физических свойств.

Некоторые процессы, влияющие на газоудерживающую способность теста:

- Молочнокислое брожение. Молочнокислые бактерии осуществляют этот процесс в полуфабрикатах, в результате чего повышается кислотность, что способствует набуханию и пептонизации муки, особенно ржаной, увеличиваются вязкость и газоудерживающая способность теста.
- Внесение добавок. Например, при добавлении в тесто 10 % и 20 % специальных веществ тесто становится более эластичным, что способствует увеличению газоудерживающей способности.
- Внесение биоактивированных семян нута. Увеличение интенсивности газообразования при внесении таких семян объясняется высоким содержанием в них собственных сахаров.
- Дозировка льняного масла. Увеличение дозировки льняного масла до 0,03 % приводит к некоторому снижению газообразующей способности за счёт частичного обволакивания дрожжевых клеток маслом.

Определяющими для газодерживающей способности пшеничной муки факторами являются физические свойства теста, в частности количество и качество клейковины, которая образует в тесте упругий, эластичный каркас.

По газодерживающей способности муку делят на сильную и слабую. Тесто из сильной муки с сильной газодерживающей способностью получается прочным, упругим, даже немного резиновым, оно имеет очень прочный каркас, способно долго бродить, не теряя своих свойств и качества. Тесто со слабой газодерживающей способностью, наоборот, нельзя складывать часто, от этого оно может ещё больше ослабнуть и потерять способность удерживать газ.

Для определения газодерживающей способности теста используют реоферментометры, например: реоферментометры F3 и F4.

Реоферментометры F3 и F4 используют для определения газодерживающей способности теста в процессе брожения.

Реоферментометр F4 (производитель — Chopin Technologies) позволяет измерять:

- газообразующую способность хлебопекарной пшеничной и ржаной муки;
- газодерживающую способность теста;
- зимазную и мальтазную активность хлебопекарных дрожжей;
- скорость изменения количества образующегося диоксида углерода;
- оптимальную продолжительность брожения теста;
- подъём теста в процессе брожения.

Особенность прибора в том, что давление, образуемое тестом в процессе брожения, поочерёдно стравливается в атмосферу напрямую (определяется газообразующая способность муки) и через картридж с натронной известью, которая задерживает диоксид углерода (определяется газодерживающая способность теста).

Реоферментометр F3 позволяет контролировать скорость изменения давления образующего диоксида углерода с дифференцированной оценкой количества диоксида углерода, которое удерживается тестом при брожении, и количества диоксида углерода, которое выделяется из него.

При анализе газодерживающей способности рассматривают коэффициент удержания углекислого газа (CO_2), который учитывает объёмы выделенного и удержанного в процессе брожения углекислого газа.

Методика исследований:

Методика определения газодерживающей способности теста с использованием реоферментометра включает следующие шаги:

1. Замесить тесто в соответствии с рецептурой, например: 250 г муки, 3 г сухих дрожжей (или 7 г свежих), 5 г соли и вода в соответствии с влажностью муки.

2. По окончании замеса на весах взвесить 315 г полученного теста.

3. Загрузить тесто в чашу прибора, задать нужные параметры измерения и включить процедуру анализа.

4. По окончании анализа снять показания с прибора, вынуть тесто и помыть прибор.

Обработка данных проводится по кривой газообразования (газовыделения) и кривой поднятия теста:

- Общий объём выделившегося газа, мл, соответствует сумме площадей фигур A1 и L2.
- Объём выделившегося CO_2 — объём CO_2 , выделившегося в ходе брожения образца теста, соответствует площади фигуры L2.
- Удерживаемый объём — объём углекислого газа, мл, оставшегося в массе теста, соответствует площади фигуры A.

Коэффициент удерживания равен отношению удерживаемого объёма газа к общему объёму выделившегося газа, %. Если мука была получена из высококачественного зерна, коэффициент примерно равен 100 %. Если коэффициент равен примерно 50–60 %, это свидетельствует о том, что мука или зерно было получено из заключительной партии помола, либо из испорченного зерна или из зерна, хранившегося без соблюдения необходимых требований.

2. Способ определения газодерживающей способности теста, описанный в патенте SU1414376A1.

Суть метода: замешивают тесто из пшеничной муки, воды, дрожжей и других рецептурных компонентов, сбрасывают его в открытой ёмкости при постоянной температуре.

Далее проводят следующие шаги:

1. В интересующий исследователя момент времени ёмкость с тестом взвешивают.

2. Тесто подвергают обминке для удаления диоксида углерода.

3. Ёмкость с тестом снова взвешивают.

4. Разность масс ёмкости с тестом до и после обминки является показателем, характеризующим газодерживающую способность теста.

8.10 Определение зараженности муки картофельной болезнью

Картофельная болезнь хлеба вызывается спорообразующими бактериями — сенной палочкой. Споры сенной палочки термоустойчивы и не погибают при выпечке хлеба.

Хлеб из муки, пораженной картофельной болезнью, приобретает специфический неприятный запах, мякиш становится липким и при сильном поражении тянется нитями.

Для предотвращения заболевания хлеба мука должна проверяться на зараженность картофельной палочкой.

Приборы и посуда: термостат, технические весы с разновесами, мерный стакан, фарфоровые чашки.

Материалы и реактивы: мука, соль, дрожжи прессованные, вода.

Порядок выполнения работы

1. Определение картофельной болезни.

Отвесить на технических весах 960 г муки пшеничной I или II сорта, 15 г соли, 30 г прессованных дрожжей.

Рассчитать количество воды, чтобы получить тесто влажностью 44,5 % (из муки I сорта) или влажностью 45,5 % (из муки II сорта). Температура воды должна быть 40–45 °С, тогда начальная температура теста будет 32 °С.

Замесить тесто и поместить его в термостат, в котором поддерживается температура 32 °С и относительная влажность 80–85 %, на 170 мин. В процессе брожения теста сделать 2 обминки.

Выброженное тесто разделить на 3 равные части и положить в форму. Размер формы по основанию 10×16 см, по верхнему краю 12×17 см, высота 10 см.

Формы с тестом поместить в термостат с температурой 32–33 °С и относительной влажностью 80–85 % для расстойки. Формы с расстоявшимся тестом поместить в лабораторную печь и выпекать тесто при температуре 220–230 °С в течение 32 мин.

Выпеченный хлеб поместить в термостат и выдерживать в течение 24 ч. Затем хлеб разрезать острым ножом, предварительно смазанным спиртом. Проверить, нет ли в хлебе признаков заражения (запах, липкий мякиш, нити).

Результаты проверки отразить в отчете по следующей форме: «Хлеб не заболел картофельной болезнью через 24 ч» или «Хлеб заболел картофельной болезнью через 24 ч».

Контрольные вопросы

1. В чем заключено влияние сахарообразующей способности муки на процесс хлебопечения?
2. От чего зависит сахарообразующая способность муки?
3. Методика определения сахарообразующей способности муки.
4. Методика определения активности протеолитических ферментов муки.
5. Методика определения автолитической активности муки по показателю «число падения».
6. Методика определения автолитической активности автолизом.
7. Методика определения наличия α -амилазы в пшеничной муке.
8. Методика определения активности α -амилазы в муке и зерновых продуктах.
9. Методика определения активности липоксигеназы муки.
10. В чем заключено положительное воздействие липоксигеназы на свойства муки, теста и готовых хлебобулочных изделий?
11. Методика определения газообразующей способности муки.
12. Дайте определение понятию «газоудерживающая способность теста».
13. Что влияет на газоудерживающую способность теста?
14. Методика определения газоудерживающей способности теста.
15. Какие приборы используют для определения газоудерживающей способности теста?
16. Какими спорообразующими бактериями вызывается картофельная болезнь хлеба?
17. Методика определения зараженности муки картофельной болезнью.

9.1 Определение активности амилолитических ферментов

Превращение крахмала ячменя в сбраживаемые сахара в ходе солодоращения и затиарания обусловлено действием комплекса амилаз: α - и β -амилаз, предельной декстриназы и α -глюкозидазы (мальтаза). Для определения диастатической силы количественно анализируют совокупность активности этих ферментов при расщеплении крахмала до сбраживаемых сахаров. Диастатическая сила положительно коррелирует с содержанием белка в ячмене и солоде. Высокая активность амилолитических ферментов особенно важна при переработке зерновых несоложенных материалов (ячменя, риса, кукурузы). Диастатическая сила обычно задается в единицах Виндиша-Кольбаха. Хороший светлый солод, полученный из ярового ячменя, должен иметь активность более 220 ед. W-K, из озимого ячменя — 350 ед. W-K. Метод Виндиша-Кольбаха основан на йодометрическом определении мальтозы, образовавшейся под действием ферментов солодовой вытяжки.

Подготовка к анализу. Для приготовления солодовой вытяжки навеску массой 10 г тщательно растертого в ступке солода с 225 см³ дистиллированной воды экстрагируют в термостате при 40 °С в течение 1 ч. Затем содержимое колбы охлаждают до 20 °С, фильтруют через ватный фильтр, доводят массу фильтрата водой до 260 г и еще раз фильтруют через бумажный фильтр до полной прозрачности. Для приготовления буферного раствора крахмала 10 г растворимого крахмала (в пересчете на СВ), тщательно взбалтывают с 25 см³ холодной воды и полученную суспензию вливают тонкой струйкой при непрерывном размешивании в 400 см³ кипящей воды. Раствор кипятят 5 мин, а затем охлаждают при непрерывном размешивании, чтобы на поверхности не образовалась пленка. Крахмальный клейстер температурой 20 °С, переводят в мерную колбу на 500 см³, прибавляют 12,5 см³ ацетатного буферного раствора с рН 4,3 и доливают воду до метки. Раствор крахмала готовят каждый раз непосредственно перед употреблением.

Проведение анализа. В мерную колбу на 100 см³ отмеряют пипеткой 50 см³ приготовленного раствора крахмала, и затем колбу выдерживают 20 мин в водяной бане при 20 °С. После этого прибавляют 2,5 см³ солодовой вытяжки, содержимое колбы хорошо перемешивают и помещают на водяную баню при 20 °С точно на 30 мин, после чего осахаривание крахмала прекращают путем добавления 1,5 см³ 1н раствора NaOH. Затем приливают воду до метки и тщательно перемешивают. Для определения мальтозы берут 25 см³ осахаренного раствора крахмала и отмеряют в коническую колбу вместимостью 200–250 см³. К раствору приливают 12,5 см³ 0,1н раствора йода и 1,5 см³ 1н раствора NaOH, перемешивают и выдерживают 5 мин при комнатной температуре. Затем раствор подкисляют добавлением 2,5 см³ 1н раствора H₂SO₄ и избыток йода оттитровывают 0,1н раствором тиосульфата натрия. Индикатором в данном случае служит содержащийся в растворе неосахаренный крахмал. Количество йода, пошедшего на окисление мальтозы, должно находиться в пределах 5–15 см³. Если в реакции связывается больше 15 см³ йода, то опыт повторяют с вытяжкой, приготовленной из 5 г солода и 275 см³ воды. Определенное в опыте общее количество йода идет не только на окисление образовавшейся мальтозы, но и связывается с веществами солодовой вытяжки и крахмала, в связи с чем необходимо вводить соответствующие поправки.

Определение поправки на солодовую вытяжку. К 6,5 см³ вытяжки в конической колбе на 200–250 см³ приливают 19 см³ дистиллированной воды, прибавляют 12,5 см³ 0,1н раствора йода и затем поступают так же, как и в основном опыте. В связи с тем, что в основном опыте в 25 см³ реакционной смеси содержится 0,63 см³ солодовой вытяжки, то при расчетах берут десятую часть найденной величины.

Поправка на раствор крахмала. 12,5 см³ буферного раствора крахмала смешивают в колбе с 5 см³ 0,1н раствора йода, прибавляют 1,5 см³ 1н раствора NaOH, выдерживают 5 мин, подкисляют 2,5 см³ 1н раствора серной кислоты и титруют 0,1н раствором тиосульфата натрия.

Расчет амилалитической активности (АС) в условных единицах Виндиша-Кольбаха (ед. W-K) производят по формуле:

$$AC = \left[a - \left(\frac{b}{10} + c \right) \right] \cdot 17,1,$$

где a — количество 0,1 н раствора йода, связанного в основном опыте, см³;

б — количество 0,1 н раствора йода, связанного солодовой вытяжкой, см³;

с — количество 0,1 н раствора йода, связанного раствором крахмала, см³;

17,1 — количество миллиграммов мальтозы, эквивалентное 1 см³ 0,1 н раствора йода. В пересчете на сухое вещество:

$$AC_{CB} = \frac{AC \cdot 100}{100 - ВЛ(\%)}$$

9.2 Метод определения амилолитической активности

Определение амилолитической активности основано на зависимости степени гидролиза крахмала от количества единиц активности фермента, взятого для проведения реакции. Количество гидролизованного субстрата устанавливают по изменению йодной окраски крахмала при действии α -амилазы; интенсивность окрашивания измеряют на фотоэлектроколориметре. За единицу активности α -амилазы принимают такое количество фермента, под действием которого в принятых условиях рН и температуры за 1 ч проходит гидролиз до декстринов 1 г крахмала.

Подготовка к анализу. Для приготовления субстрата (1 %-ного раствора картофельного крахмала) 1 г картофельного крахмала с учетом влажности помещают в мерную колбу вместимостью 100 см³, добавляют 25 см³ воды и перемешивают до исчезновения комочков. Затем добавляют в колбу еще 25 см³ воды, помещают ее в кипящую водяную баню и выдерживают в ней при непрерывном перемешивании до полного растворения крахмала. После этого содержимое колбы охлаждают, добавляют 10 см³ фосфатного буферного раствора с рН 6,0, объем жидкости доводят до метки дистиллированной водой и хорошо перемешивают. Полученный субстрат после реакции с йодом должен иметь окраску, оптическая плотность которой не менее 0,70 ($\lambda=656$ нм, размер кюветы $l=1$ см). Субстрат можно использовать в течение 10 сут. при условии хранения его в холодильнике. В этом случае перед использованием субстрат нагревают в кипящей водяной бане 5–10 мин. Для приготовления ферментных растворов солод измельчают, просеивают через сито с размерами ячеек 0,55 мм и отбирают для анализа две навески по 5 г. Навески количественно переносят в колбы с широким горлом вместимостью 200–250 см³, заливают 10 см³ фосфатного буферного раствора с рН 4,8–4,9 и 90 см³ дистиллированной воды. Смесь выдерживают в течение 1 ч при темпера-

туре 30 °С при периодическом перемешивании, затем отфильтровывают. Фильтрат используют в качестве основного раствора, из которого готовят рабочие растворы в соответствии с данными таблицы 8 (общий объем разбавленного раствора 100 см³). Необходимо, чтобы в 10 см³ рабочего ферментного раствора содержалось от 10 до 50 мг ячменного солода.

Таблица 8. Данные для приготовления рабочего раствора ферментов

Предполагаемая АС, ед/г	Количество солода, содержащееся в 5 мл рабочего раствора солода, мг	Количество основного раствора для вторичного разбавления, см ³ /100 см ³
15–20	20	8
20–30	10	4
30–50	7,5	3

Проведение анализа. Ферментативная реакция гидролиза крахмала проводится в строго определенных стандартных условиях: температура 30 °С, рН среды 4,8–4,9 для солодовых амилаз (с использованием фосфатного буфера), продолжительность 10 мин, концентрация субстрата 1 %, объем реакционной смеси 15 мл (10 мл субстрата и 5 мл ферментного раствора). Для анализа в две пробирки наливают по 10 мл субстрата и ставят в водяную баню с постоянной температурой 30±0,2 °С на 5–10 мин (чтобы растворы приняли необходимую температуру). Затем, не вынимая пробирок из бани, наливают в первую (контрольную) 5 мл дистиллированной воды, во вторую (опытную) — 5 мл рабочего раствора фермента. Смеси быстро перемешивают и выдерживают в бане в течение 10 мин, отмечая время по секундомеру. По истечении этого времени из пробирок отбирают по 0,5 мл раствора и переносят их в конические колбочки с предварительно налитыми туда 50 мл рабочего раствора йода и 10 мл 0,1 н раствора соляной кислоты. Жидкости взбалтывают, при этом одновременно происходит инактивация фермента и йодокрахмальная реакция. Растворы приобретают следующую окраску: контрольный — синюю, опытный — фиолетово-бурую различной интенсивности в зависимости от степени гидролиза крахмала. Непосредственно после смешивания растворов определяют их оптическую плотность относительно дистиллированной воды ($\lambda = 656$ нм, $t = 1$ см). получают два значения оптической плотности: D_1 — оптическая плотность контрольного раствора, характеризующая количество крахмала, взятого на ферментативную реакцию (значение должно быть не менее 0,690); D_2 — оптическая плотность опытного раствора, характеризующая

количество негидролизованного крахмала и образовавшихся декстринов, находящихся в реакционной смеси. Разница оптических плотностей растворов соответствует количеству гидролизованного субстрата C (г), которое определяют по формуле:

$$C = 0,1 \cdot \frac{D_1 - D_2}{D_1},$$

где 0,1 — количество крахмала, взятое на ферментативную реакцию, г.

Если окажется, что количество гидролизованного крахмала больше 0,07 или меньше 0,02, анализ повторяют, готовя новый раствор соответственно из меньшего или большего количества основного раствора. Если количество превращенного в результате ферментативной реакции крахмала находится указанных пределах, полученные данные используют для определения активности. Амилолитическую активность AC (ед./г или ед./см³) определяют по формуле:

$$AC = (6,889C - 0,029388) \frac{1000}{n},$$

где 6,889; 0,029388 — коэффициенты, полученные эмпирически (пересчет на 1 г);

C — количество гидролизованного крахмала, г;

n — количество исследуемого материала в реакционной среде, мг.

9.3 Метод раздельного определение активности α - и β -амилаз солода

Данный метод основан на различной термолабильности α - и β -амилаз: β -амилаза разрушается при нагревании до температуры 70 °С, а α -амилаза сохраняет свою активность. Некоторое снижение активности α -амилазы, которое может происходить в этих условиях, практического значения не имеет.

Подготовка к анализу. Для приготовления солодовой вытяжки навеску массой 10 г тщательно растертого в ступке солода, экстрагируют с 80 см³ дистиллированной воды в течение 1 ч при 40 °С в термостате. Затем охлаждают до 20 °С, фильтруют через ватный фильтр, переносят фильтрат в мерную колбу на 100 см³, доводят до метки и еще раз фильтруют через бумажный фильтр до полной прозрачности. Для анализа делают две параллели.

Проведение анализа. Для определения α -амилазы одну колбу с вытяжкой нагревают в течение 15 мин при 70 °С и затем быстро охлаждают и фильтруют. Далее определяют редуцирующие сахара методом ГОСТ 5903-89. Для определения суммарной активности, вторую колбу с вытяжкой нагревают в течение 1 ч при 40 °С, затем охлаждают, фильтруют и определяют сахара методом ГОСТ 5903-89. Активность β -амилазы определяют по разности между суммарной активностью α - и β -амилаз и активностью α -амилазы.

9.4 Определение продолжительности осахаривания суслу

Продолжительность осахаривания взаимосвязана с активностью амилолитических ферментов. Продолжительность процесса превращения крахмала в редуцирующие сахара и неокрашиваемые йодом декстрины под действием ферментов солода характеризуется временем, необходимым для полного осахаривания затора. Сущность метода заключается в определении продолжительности превращения крахмала в неокрашиваемые йодом сахара под действием ферментов солода.

Подготовка к анализу. Раствор йода, применяемый для определения продолжительности осахаривания, получают путем пятикратного разбавления дистиллированной водой раствора йода молярной концентрацией 0,1 моль/дм³ или путем взятия 0,25 г кристаллического йода и 0,80 г йодистого калия, которые переносят в мерную колбу вместимостью 100 см³ и доводят до метки дистиллированной водой.

Проведение анализа. Определение продолжительности осахаривания солода тонкого помола с момента выдержки затора проводят при температуре 70 °С. Через каждые 5 мин, после установления температуры, стеклянной палочкой берут одну каплю пробы. На белой фарфоровой пластинке ее смешивают с каплей раствора йода, слегка наклоняя пластинку. Проба считается осахаренной при появлении чистой желтой окраски. Для сравнения на ту же фарфоровую пластинку помещают каплю дистиллированной воды, смешанную с каплей раствора йода. Продолжительность осахаривания выражают в минутах.

Контрольные вопросы

1. Чем обусловлено превращение крахмала ячменя в сбраживаемые сахара?
2. Методика определения активности амилолитических ферментов при оценке качества солода.
3. Методика определения амилолитической активности солода.
4. Методика раздельного определения активности α - и β -амилаз солода.
5. Методика определения продолжительности осахаривания сусла.

Словарь употребляемых понятий и терминов

Амилолитические ферменты (амилазы) — ферменты класса гидролаз, катализирующие расщепление различных типов гликозидных связей в крахмале, гликогене и родственных полисахаридах.

Биотехнология (biotechnology) — применение науки и технологии к живым организмам, как к областям, продуктам и моделям, с целью преобразовать живые или неживые материалы для производства знания, продукции или услуг, соответственно.

Вискозиметр — прибор для определения динамической или кинематической вязкости вещества в паскаль-секундах (Па·с) и квадратных метрах на секунду ($\text{м}^2/\text{с}$) соответственно.

Кислотность — под градусом кислотности понимают объем в кубических сантиметрах раствора точной молярной концентрации 1 моль/ дм^3 гидроокиси натрия или гидроокиси калия, необходимый для нейтрализации кислот, содержащихся в 100 г изделий.

Массовая доля влаги — определяется методом обезвоживания навески с продуктом в сушильном шкафу при фиксированных параметрах температуры и времени.

Органолептический (сенсорный) метод — метод, определяемый качество продуктов при помощи органов чувств: зрения, обоняния, слуха, осязания, вкуса.

Осахаривающая (сахарообразующая) способность муки — свойство муки образовывать сахара (мальтозу и др.) в результате действия амилолитических ферментов на крахмал.

Партия — любое количество продукта одного срока годности и одного сорта, сопровождаемое одним документом, удостоверяющим качество и безопасность продукции.

Пищевая биотехнология (food biotechnology) — раздел биотехнологии, занимающийся разработкой теории и практики создания пищевых продуктов общего, лечебно-профилактического и специального назначения.

Протеолитические ферменты (протеазы, протеиназы) — группа ферментов класса гидролаз, которые катализируют внутри- и внеклеточное

расщепление (протеолиз) пептидных связей между аминокислотами в белках и пептидах живых организмов.

Солод — пророщенные и высушенные зёрна злаков (ячменя, пшеницы, ржи и др.)

Средняя проба — часть объединенной пробы, выделенная для определения качества продукта.

Субстрат (хим.) — вещества, которые подвергаются превращениям в реакциях в ходе химических процессов.

Фермент (энзим) — специфический биологический катализатор, представленный преимущественно белками, который ускоряет биохимические реакции.

Ферментативный гидролиз — процесс расщепления сложных органических веществ (биополимеров) с помощью ферментов до мономеров.

Физико-химический метод — метод, при котором качество продуктов измеряется с помощью лабораторных измерительных приборов.

Нормативная документация

ГОСТ 26574-2017 Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия.

ГОСТ 27495-87 Мука. Метод определения автолитической активности муки.

ГОСТ 31494-2012 Квасы. Общие технические условия.

ГОСТ 34430-2018 Определение активности протеолитических ферментов муки.

ГОСТ 34440-2018 Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения амилолитической активности.

ГОСТ 6687.0-86 Продукция безалкогольной промышленности. Правила приемки и методы отбора проб.

ГОСТ 6687.2-90 Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения сухих веществ.

ГОСТ 6687.4-86 Напитки безалкогольные, квасы и сиропы. Метод определения кислотности.

ГОСТ 6687.5-86 Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения органолептических показателей и объема продукции.

ГОСТ 7045-2017 Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия.

ГОСТ ISO 750-2013 Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности.

ГОСТ Р 512228-98 Определение активности α -амилазы в муке и зерновых продуктах.

ГОСТ Р 54731-2011 Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия.

ГОСТ Р 57095-2016 Биотехнология. Термины и определения.

Используемая литература

1. Байдалинова Л. С. Общая пищевая биотехнология: учебно-методическое пособие по лабораторным работам для студентов бакалавриата по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология (профиль — Пищевая биотехнология): в 2 ч. / Л. С. Байдалинова. — Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. — Ч. 2. 199 с.
2. Корячкина, С. Я. Методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Методы исследования свойств растительного сырья: учебно-методическое пособие для высшего профессионального образования / С. Я. Корячкина, Н. А. Березина, Е. В. Хмелёва. — Орел: ФГОУ ВПО «Государственный университет УНПК», 2011. 297 с.
3. Круглов И. К., Жданов А. Г., Боков А. И. и др. Технология и оборудование бродильных производств: учебное пособие. — Самара, Самарская ГСХА, 1999. 110 с.
4. Лавренчук Л. С. Микробиология: практикум / Л. С. Лавренчук, А. А. Ермошин. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. 107 с.
5. Разумкова Г. М. Пищевая биотехнология. Методические указания по выполнению лабораторных работ. Направление 19.03.01 — Биотехнология / Г. М. Разумкова, О. В. Решетникова. — Эл. изд., 2023. 100 с. Режим доступа: http://scipro.ru/conf/FOOD_BIOTECHNOLOGY.pdf (дата обращения 01.02.2025).
6. Семенюта, А. А. Зерно и солод в пищевых технологиях: оценка качества: учебное пособие / А. А. Семенюта, Т. В. Танашкина, Т. А. Сенотурова. — Владивосток: Издательство Дальневосточного федерального университета, 2023. 101 с.

Учебное пособие

Зубова Елена Владимировна
Залетова Татьяна Владимировна
Воробьева Татьяна Михайловна

БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Учебно-методическое пособие к лабораторным работам

Техническая редакция

Редактура и корректура: К. А. Быкова
Набор: Е. В. Зубова, М. А. Радошевич
Компьютерная верстка: А. Г. Казаков

Подписано к публикации 07.05.2026 Формат 60×90/16.

Уч.-изд. л. — 3,7. Усл.-печ. л. — 4,8.

ISBN 978-5-6055450-6-4

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный
агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева»
603107, Нижний Новгород, проспект Гагарина, 97