

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова»**

**ХРАНЕНИЯ СЫРЬЯ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ НА
ХЛЕБОЗАВОДАХ, КОНДИТЕРСКИХ И МАКАРОННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЯХ**

**краткий курс лекций
для студентов 4 курса**

Направление подготовки
19.03.02 Продукты питания из растительного сырья

Профиль подготовки
Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий

Саратов 2016

УДК 664.66
ББК 36
С145

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор
кафедры « Частное право и экологическая безопасность»
Саратовского социально-экономического института РЭУ им. Г.В. Плеханова
А.В. Чамышев
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Товароведения и менеджмента»
ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»
М.Э. Карабаева

Хранение сырья и готовой продукции на хлебозаводах, кондитерских и макаронных предприятиях: краткий курс лекций для студентов 4 курса специальности (направление подготовки) 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья /Сост.: М.К. Садыгова /ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2016. – 76 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Хранение сырья и готовой продукции на хлебозаводах, кондитерских и макаронных предприятиях» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для студентов направления подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья. Краткий курс лекций содержит теоретический материал по технологии хранения хлебобулочных, мучных кондитерских и макаронных изделий. Курс лекций направлен на формирование у студентов знаний о современных способах и принципах хранения сырья и готовой продукции.

УДК 664.66
ББК 36
С145

© Садыгова М.К., 2016
©ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2016

Содержание

Введение	4
1. Общие принципы хранения основного сырья в производстве хлеба, кондитерского и макаронного производства	5
2. Хранение дополнительного сырья в хлебопекарном, кондитерском и макаронном производстве.	15
2.1. Хранение жировых продуктов и другого сырья и подготовка их к производству	15
2.2. Хранение соли и подготовка её к производству	20
2.3. Хранение дрожжей и подготовка их к производству	20
2.4. Хранение сахара и подготовка его к производству	22
3. Процессы, протекающие при хранении пшеничной и ржаной муки	28
3.1. Процессы протекающие при хранении пшеничной муки	28
3.2. Процессы протекающие при хранении ржаной муки	39
3.3. Процессы, вызывающие порчу муки при хранении	40
4. Черствение хлебобулочных изделий и пути его предотвращения	49
5. Процессы, протекающие в хлебе после выпечки	53
5.1. Процессы, протекающие в хлебе при черствении	55
5.2. Санитарные требования, предъявляемые к остывочному отделению экспедиции	66
6. Хранение макаронных изделий и причины порчи их во время хранения	71
6.1. Упаковка, упаковочные материалы макаронных изделий	71
6.2. Хранение макаронной продукции и причины её порчи	73

Введение

Хранение сырья и готовой продукции на хлебозаводах, кондитерских и макаронных предприятиях – одна из важнейших профильных дисциплин. Хранения сырья и готовой продукции на хлебозаводах, кондитерских и макаронных предприятиях изучает основные технологии хранения основного и дополнительного сырья, изменения показателей качества при различных режимах и способах хранения, а также сроки и условия хранения готовой хлебобулочной продукции, мучных кондитерских и макаронных изделий. Краткий курс лекций по дисциплине «Хранения сырья и готовой продукции на хлебозаводах, кондитерских и макаронных предприятия» предназначен для студентов по направлению подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья. Курс направлен на формирование ключевых компетенций, необходимых для эффективного решения профессиональных задач и организации профессиональной деятельности на основе знаний, которые помогут правильно сориентироваться и начать научную работу.

Лекция 1. Общие принципы хранения основного сырья в производстве хлеба, кондитерского и макаронного производства

Любое хлебопекарное предприятие имеет свой склад, где хранится определенный запас сырья. Широкое распространение получил бестарный способ доставки и хранения сырья (муки, сахара, дрожжевого молока, жидких жиров, соли, молочной сыворотки, патоки, растительного масла). При бестарной доставке и хранении сырья резко снижается численность работающих на складе, улучшается санитарное состояние складов, повышается культура производства, сокращаются потери сырья, достигается значительный экономический эффект по сравнению с тарным хранением сырья.

Сырье, которое хранится на складе, перед замесом полуфабрикатов очищают от примесей, жиры растапливают, из хлебопекарных прессованных дрожжей готовят водную дрожжевую суспензию, соль и сахар растворяют в воде. Полученные растворы фильтруют и перекачивают в сборные емкости, откуда они через напорные бачки поступают в дозаторы.

В процессе подготовки сырья к производству для предупреждения загрязнения продуктов и попадания в них посторонних предметов необходимо соблюдать следующие правила:

мешки с сыпучими продуктами предварительно очищают с поверхности щеткой, аккуратно вспарывают верхний шов, обрывки шпагата собирают в специальный сборник;

все сыпучие продукты просеивают и пропускают через магниты для удаления металломагнитных примесей;

ящики, бочки и корзины с сырьем вскрывают в отдельном помещении;

бочки, банки и бутылки перед вскрытием протирают или обмывают.

Хранение и подготовка муки к производству Муку, доставленную на хлебозавод с мельницы или базы, хранят в отдельном складе, вместимость которого должна обеспечивать семисуточный запас.

Мука поступает на хлебозавод отдельными партиями. *Партия* - определенное количество муки одного вида и сорта, изготовленное одновременно и поступившее по одной накладной и с одним качественным удостоверением.

В качественном удостоверении указывают вид и сорт муки, цвет, вкус, запах и крупность помола, наличие примесей, качество клейковины, массовую долю золы и другие показатели. Кроме того, в удостоверении указывают два значения массовой доли влаги муки: при выбое и при отпуске получателю. Массовая доля влаги при выбое служит основанием для корректирования нормы выхода хлеба, а при отпуске - для контроля массы полученной муки. Качественное удостоверение поступает в лабораторию хлебозавода.

Анализируя поступившую муку, работники лаборатории сравнивают данные анализа с данными удостоверения. При значительных расхождениях вызывают представителя организации, поставляющей муку, и анализ проводят повторно.

Муку доставляют на хлебозавод тарным (в мешках) и бестарным (в цистернах) способами. Каждый мешок с мукой имеет ярлык, на котором указывают мукомольное предприятие, вид и сорт муки, массу нетто и дату выработки.

Если при помоле было добавлено некондиционное зерно, на ярлыке делают соответствующую отметку.

По условиям поставки хлебопродуктов муку отпускают хлебозаводам после отлежки ее на складе мукомольных предприятий: пшеничной сортовой не менее 5 сут, ржаной сортовой не менее 3 и обойной не менее 2 сут.

На хлебопекарных предприятиях муку хранят на тарных или бестарных складах. На тарных складах мешки с мукой хранят на деревянных стеллажах, расположенных на расстоянии 15 см от пола. Это необходимо для вентиляции муки. Мешки укладывают штабелями, но не более 10—12 рядов (по высоте).

Муку одной партии укладывают вместе и вывешивают паспорт, где указывают даты выбоя и поступления муки, сорт, номер накладной, количество мешков и основные показатели качества муки.

К каждому штабелю муки следует оставлять проход (хотя бы с одной стороны). Между штабелями через каждые 10-11 м необходимо оставлять проход шириной не менее 0,75 м, а расстояние от штабеля до стены должно быть не менее 0,5 м. Ширина проезда для транспортирования мешков должна быть равна размеру тележки по диагонали плюс 0,6-0,7 м.

Бестарные склады хранения муки размещают в отдельном здании или в производственном корпусе хлебозавода. В последние годы наибольшее распространение получили бестарные склады открытого типа, в которых бункера устанавливают непосредственно на заводском участке, над которым сверху устраивают легкий навес, а нижнюю часть бункеров с установленным под ними оборудованием ограждают.

Строительство и эксплуатация складов открытого типа значительно дешевле, чем складов закрытого типа.

Свойства муки при хранении ее в открытых складах не ухудшаются. Особенности физических свойств муки и наличие воздушных прослоек между ее частицами обуславливаются низкой ее теплопроводностью, поэтому даже в зимнее время остывает только пристенный слой муки, составляющий 12-15 % общей массы муки в силосе. При низкой температуре наружного воздуха температура муки, поступающей в открытый склад, во избежание образования конденсата на внутренних стенках силосов не должна превышать 20 °С. В цилиндрических силосах большого диаметра мука остывает меньше, чем в прямоугольных бункерах. Следует учитывать, что при разгрузке, транспортировании и просеивании мука перемешивается, в результате чего ее температура выравнивается и несколько повышается (на 3-6 °С).

При бестарном способе мука хранится в силосах или бункерах. Для хранения каждого сорта муки на хлебозаводе должно быть не менее двух силосов, один из которых используют для приема муки, второй - для подачи ее на производство. Общее число силосов в складе зависит от производительности завода и потребности его в разных сортах муки. Загрузка силосов и бункеров мукой осуществляется сверху. Транспортирующий муку воздух удаляется через фильтр, установленный над силосами или бункерами, мучная пыль задерживается и сыпается обратно в силос или бункер.

При хранении в больших емкостях мука слеживается, а при выгрузке из силоса (бункера) образует своды, что препятствует разгрузке емкости. На сводообразование оказывает влияние массовая доля влаги муки, плотность укладки муки и продолжительность ее хранения. Чем выше массовая доля влаги муки, тем ниже ее текучесть. Высота столба муки в емкости и продолжительное хранение усиливают сводообразование. Сортная мука образует более устойчивые своды, чем обойная. Для ускорения выхода муки и устранения сводов снаружи силоса на конусной его части устанавливают вибраторы или аэрируют днище силоса (бункера), подавая внутрь сжатый воздух.

Подача муки из складских емкостей на просеивание, взвешивание и в производственные бункера в действующих в настоящее время складах осуществляется механическим транспортом посредством норий и шнеков или пневмо- и аэрозольтранспортом. На каждом складе должно быть не менее двух линий для очистки, взвешивания и транспортирования муки в производственные бункера. Линия для бестарного хранения и подготовки муки приведена на слайд 5.2.

К санитарному состоянию бестарных и тарных складов муки предъявляют следующие требования. Помещение склада должно быть сухим и вентилируемым, пол и стены - гладкими. Относительная влажность воздуха в помещении не должна превышать 75 %, температура должна быть не ниже 10 °С. Склад не должен быть заражен амбарными вредителями.

В муке, как и в зерне, при хранении происходят биохимические изменения. Масса мелких частиц, составляющих муку, утратив защитные оболочки зерна, может подвергаться воздействию внешних факторов - влаги, кислорода воздуха, спонтанной микрофлоры, температуры и т. д.

Склад бестарного хранения состоит из отдельных единиц оборудования типоразмерного ряда: силоса, питателя, транспортирующего устройства на основе спиральных «гибких» элементов (слайд рис. 5.3), производственного бункера, просеивателя, фильтра, дозатора.

Силосы марки А2-Х2Е-160А(Б) оснащены эффективными разгрузочными устройствами Ш2-ХМГ-200.

Транспортирующие устройства обеспечивают плавное перемещение и подъем муки и сыпучих компонентов. Длина трубопровода и его конфигурация могут быть различными. Устройства легко монтируют на месте эксплуатации из отдельных элементов и эксплуатируют без использования сжатого воздуха. Эти устройства упростили транспортно-технологическую схему, удешевили эксплуатацию, резко снизили потребление электроэнергии и значительно уменьшили распыл муки. Они надежны и долговечны в эксплуатации, не требуют квалифицированного обслуживания по очистке и эксплуатации, исключают использование компрессоров, фильтров, воздухопроводов и громоздких шнеков.

Мука, разгружаемая из автомуковозов, направляется в нужный силос, в котором специальными датчиками отслеживается его объемное наполнение. Силосы снабжены виброразгрузочными днищами для обеспечения бесперебойной разгрузки муки с заданной производительностью. Под днищами силосов установлены питательные шнеки и транспортирующие устройства, состоящие из «гибких» элементов, для подачи муки на производство по одной или нескольким линиям, включая ее просеивание и смешивание. Учет муки осуществляется с помощью дозатора, оснащенного тензометрической системой с цифровой индикацией и с возможностью выхода на компьютер. Программное обеспечение позволяет суммировать данные по массе муки, прошедшей по каждой линии в любой момент времени за час, смену, сутки, месяц и т. д. Управление работой склада осуществляется с пульта управления, оснащенного мнемосхемой.

В технологической схеме применяют высокопроизводительные просеиватели марки Ш2-ХМВ, обеспечивающие производительность просеивания до 7 т/ч.

Для менее производительных линий применяют малогабаритные просеиватели непрерывного действия марки Ш2-ХМВ. Просеиватель муки данной марки (слайд рис. 5.4) предназначен для контрольного просеивания пшеничной и ржаной муки. Его устанавливают при подаче на склад муки пневмотранспортом. В качестве питающего устройства применяется шлюзовой затвор с уклоном (для отделения воздуха). Просеиватель может работать как в системе пневмотранспортирования муки, так и в системе подачи муки механическим (гибким) транспортом.

На слайде рис. 5.5 схематично показан участок порционного приготовления теста с применением комбинации устройств: малогабаритного просеивателя Ш2-ХМЕ, транспортирующего устройства на основе «гибких» элементов («спирального» конвейера) и дозатора муки с системой учета.

Для просеивания сыпучих пищевых продуктов (мука, сахар-песок, специи, какао-порошок, соль и т. п.) на хлебопекарных предприятиях применяют просеиватели периодического действия марки МПС-141 (слайд рис. 5.6).

Подготовка муки, хранящейся на складе для использования в производстве, заключается в просеивании, удалении металлопримесей, взвешивании, а также в смешивании ее отдельных партий или сортов.

Просеивание муки. Проводят с целью удаления посторонних предметов. Кроме того, при просеивании мука разрыхляется, согревается и насыщается воздухом. Для просеивания муки в бестарных и тарных складах обычно применяют просеиватели

непрерывного действия с вращающимися барабанными ситами. Мука просеивается через металлические плетеные сита определенных номеров. Для муки обойной (ржаной и пшеничной) применяют сита № 1,8-2, для сортовой муки - сито № 1,6. Номера сит установлены с учетом крупности помола муки.

Номер сита должен соответствовать сорту муки, что очень важно. Если для просеивания муки установлено слишком частое сито, то мука забьет ситовую поверхность и значительная часть ее попадет в сход. При применении слишком редкого сита в просеянную муку могут попасть мелкие посторонние предметы. При просеивании муки необходимо каждую смену очищать сита просеивающих машин щеткой, осматривать целостность ситовой ткани, следить за плотным прилеганием щитков и дверок к корпусу бурата, а ситовых рамок к фонарю.

Необходимо систематически просматривать сход с просеивателя, определяя его количество и характер посторонних предметов. Нельзя допускать попадания муки в сход вследствие засорения сит.

Удаление металлопримесей. Магнитная очистка муки обеспечивается магнитными заграждениями, которые устанавливают в выходных каналах просеивателей. Магнитные заграждения состоят из набора стальных магнитных дуг с поперечным сечением полосы 48 x 12 мм. Одной из характеристик магнитов является грузоподъемность, под которой понимают способность магнита извлекать металлопримеси. Для магнитов такого сечения минимальная грузоподъемность составляет 8, а максимальная - 12 кг. В процессе эксплуатации способность магнитов извлекать металлопримеси

из муки снижается, поэтому 1 раз в 10-15 дней их осматривают и при необходимости снова намагничивают.

Общая длина магнитных заграждений определяется из расчета 2 см на 1 т муки, проходящей через мучную линию за 1 сут. Длина магнитных заграждений - это длина ряда всех магнитных дуг, установленных вплотную друг к другу. Слой муки, перемещающийся под полюсами магнитов, должен иметь толщину до 10 мм.

Магнитные дуги каждую смену очищают от приставших к ним ферропримесей. Лаборатория определяет массу металломагнитных примесей (она не должна превышать 3 мг на 1 кг муки) и их состав. При наличии крупных частиц металла или большой массы примеси лаборатория информирует соответствующий мукомольный завод о недостаточной очистке зерна и муки.

Взвешивание муки. Муку, поступающую со склада бестарного хранения на производство, обычно взвешивают с помощью порционных автоматических весов, устанавливаемых после просеивателя. Весы могут отмеривать порции муки от 20 до 100 кг.

В последние годы применяют тензометрическую систему взвешивания муки, которая обеспечивает автоматическое взвешивание силоса с мукой при загрузке или разгрузке. Тензометрические преобразователи монтируют в опорах силоса; приборы, показывающие массу муки, устанавливают в операторской.

Смешивание муки. Отдельные партии муки смешивают по указанию производственной лаборатории на основе данных анализа муки и пробных выпечек.

Составляя указание о подсортировке партий муки, учитывают ее цвет (для сортовой муки) и хлебопекарные свойства. Подсортировку осуществляют так, чтобы хлебопекарные достоинства и недостатки отдельных партий взаимно уравновешивались и смесь имела нормальные хлебопекарные свойства.

«Слабую» муку смешивают с более «сильной», светлую - с более темной, муку с высокой автолитической активностью - с мукой, обладающей пониженной активностью ферментов.

При подсортировке учитывают также массовую долю влаги и кислотность отдельных партий муки в случае, если эти показатели резко отличаются от нормы. В указании о

подсортировке партий муки указывают соотношение партий (1 :2: 3) в общей смеси и назначение муки (на замес опары, теста, закваски и др.).

Если в рецептуру хлеба входят два сорта муки, то в указании о подсортировке должно быть указано соотношение сортов и технически удобный режим их смешивания. Обычно муку одного сорта расходуют на замес опары или закваски, а другого - на замес теста.

Например, при производстве столового хлеба ржаная обдирная мука идет на замес опары, а пшеничная второго сорта - на замес теста.

Правильно составленная и выполненная подсортировка партий муки обеспечивает стабильный технологический режим и стандартное качество изделий.

В тарных складах муки подсортировку партий часто осуществляют вручную. Например, при смешивании двух партий в соотношении 1 : 2 на один мешок первой партии приходится два мешка второй партии. При этом способе муку желательно засыпать из мешков сравнительно небольшими порциями с целью равномерного смешивания разных партий. Для подсортировки партий муки в определенных пропорциях используют специальные дозаторы и дозаторы-смесители, принцип действия которых состоит в том, что при изменении частоты вращения рабочего органа изменяется количество муки определенной партии, подаваемое за единицу времени.

Например, если две партии муки (а и в) смешивают в соотношении 1 : 2, то рабочий орган дозатора партии в должен вращаться в 2 раза быстрее, чем рабочий орган дозатора партии а.

В тарных складах устанавливают шнековый дозатор-смеситель МС-2 или МСЗ-50 для подсортировки двух-трех партий муки.

В бестарных складах под выпускным отверстием бункера (силоса) устанавливают барабанные или шнековые дозаторы, которые подают определенное количество муки в единицу времени в общий транспортер или мукопровод, где она смешивается с мукой из других бункеров.

Вопросы для самоконтроля

- 1.Как производят подготовку муки перед использованием её к пуску в производство?
- 2.Какие основные принципы хранения муки?

Литература

1. Пашук, З.Н. Технология производства хлебобулочных изделий: справочник/ З.Н. Пашук, Т.К. Апет, И.И. Апет. – Спб.: ГИОРД, 2009. – 400 с. **ISBN** 978-5-98879-065-5
- 2.Матвеева, Т.В., Корякина, С.Я. Технология мучных кондитерских изделий. СПб.: Троицкий мост, 2011. – 408 с. **ISBN** 978-5-904406-16-5

Лекция 2. Хранение дополнительного сырья в хлебопекарном, кондитерском и макаронном производстве.

2.1. Хранение жировых продуктов и другого сырья и подготовка их к производству

Масло и масляную пасту из коровьего молока хранят в холодном темном помещении. Под действием света, кислорода воздуха и повышенной температуры масло прогоркает. Масло и масляную пасту из коровьего молока хранят при относительной влажности воздуха не менее 85 % и температуре -6 ± 3 °С - 9 мес; при температуре 3 ± 2 °С допускается хранение топленого масла во флягах до 1 мес.

Твердый маргарин хранят в складских помещениях или холодильниках при температуре от - 20 до 15 °С при постоянной циркуляции воздуха. Маргарин нельзя хранить вместе с продуктами, обладающими резким специфическим запахом.

Жидкий маргарин хранят в баках из нержавеющей стали при температуре 35-48 °С не более 2 сут. В каждом баке установлены водяная рубашка и пропеллерная мешалка, периодическое вращение которой предупреждает расслаивание маргариновой эмульсии.

Ящики, барабаны и бочки с маргарином при хранении должны быть уложены: при механизированной укладке - на поддоны, при немеханизированной - на рейки и решетки (подтоварники) штабелями с просветами между ними для свободной циркуляции воздуха, на расстоянии не менее 0,5 м от стен. Бочки и барабаны укладывают в штабели в вертикальном положении.

Жиры кондитерские и хлебопекарные в зависимости от температуры (от -20 до 15 °С) и содержания антиоксидантов (антиокислителей) хранят в течение 1-9 мес.

Гарантийный срок хранения жидкого хлебопекарного жира со дня изготовления 10 дней при температуре 15-20 °С. Его хранят в термоизолированных танках или других емкостях, снабженных обогревающими устройствами и мешалками.

При подготовке к производству твердые жиры освобождают от тары, осматривают, очищают поверхность от загрязнений. Затем жиры разрезают на куски и проверяют их внутреннее состояние.

Если жиры употребляют в растопленном состоянии, то после зачистки поверхности жир помещают в бачок с водяной рубашкой или паровым змеевиком, мешалкой и фильтром. Температура растопленного маргарина должна быть не выше 40-45 °С, в противном случае произойдет расслоение массы на жир и воду, что вызовет неравномерное распределение жира в тесте. Трубопровод, по которому транспортируют жир, должен быть снабжен термоизоляцией или подогревающим устройством.

Сливочно-растительные, растительно-сливочные спреды и топленые смеси хранят при температурах от -25 °С до 5 °С включительно; растительно-жировые спреды и топленые смеси от -20 °С до 15 °С включительно.

Спреды и топленые смеси нельзя хранить вместе с продуктами, обладающими резким специфическим запахом.

Требования к укладке ящиков со спредами и топлеными смесями такие же, как приведенные ранее требования к укладке ящиков с маргарином.

Растительные масла хранят в темном помещении, в закрытой таре (бочках или цистернах) при температуре 4-6 °С. Под влиянием кислорода воздуха, света и повышенной температуры растительные масла портятся.

Влияние вносимого в тесто жира на качество хлеба может быть усилено, если жир вносить в виде водной эмульсии с использованием соответствующего эмульгатора (фосфатидного концентрата, поверхностно-активных веществ и др.).

Полученная эмульсия должна быть тонкодисперсной, устойчивой во времени и пригодной для транспортирования по трубопроводам. Для этой цели целесообразно использовать установки с гидродинамическими вибраторами (слайд рис. 5.11), создающими в эмульгируемой смеси звуковые колебания.

На установках такого типа, выпускаемых на заводах пищевого машиностроения или изготавливаемых в ремонтно-механических мастерских, можно готовить эмульсии жира, вносимого в тесто, и эмульсии для смазки хлебопекарных форм и листов.

Яйца хранят отдельно от других продуктов в холодильных камерах при температуре от 0 до 20 °С и относительной влажности воздуха 85-88 %: столовые - от 8 до 25 сут; мытые - не более 12 сут.

В промышленных холодильниках яйца хранят при температуре от - 2 до 0 °С и относительной влажности воздуха 85-88 % не более 90 сут.

При переработке большого количества яиц их обрабатывают в отдельном помещении, оборудованном трехсекционными ваннами и столами, имеющими специальные приспособления (особые ножи) для битья яиц.

Для обеззараживания яйца, растаренные в отдельном помещении, помещают в сетчатые ящики или ведра и тщательно промывают водой. Затем их выдерживают последовательно в течение 5- 10 мин в растворе соды, хлорной извести и проточной воде. Чистые яйца разбивают по 3-5 шт. над отдельной чашечкой и проверяют на запах. Если яйцо доброкачественное, то содержимое чашечки выливают через сито в общую посуду.

Наиболее простой способ определения свежести яйца - просвечивание его на овоскопе.

На крупных предприятиях для санитарной обработки яиц и отделения желтка от белка используют специальное оборудование.

Жидкие охлажденные яичные продукты (меланж, желток, белок) хранят в чистых, хорошо вентилируемых помещениях при температуре не выше 5 °С - не более 24 ч; замороженные яичные продукты при температуре не выше -18 °С - не более 16 мес; при температуре не выше - 12°С не более 10 мес; при температуре не выше -6 °С - не более 6 мес.

Банки с меланжем перед употреблением размораживают в воде температурой 45 °С в течение 2-3 ч и аккуратно вскрывают специальным ножом. Размороженный меланж процеживают через сито с ячейками диаметром до 3 мм и используют в течение 3-4 ч, так как он быстро портится.

Яичный порошок поступает на хлебозавод в бочках, картонных коробках или жестяных банках. Хранить яичный порошок рекомендуется в сухом, чистом и хорошо вентилируемом помещении при относительной влажности воздуха не более 75 % и температуре не выше 20 °С - не более 6 мес; при температуре не выше 2 °С - не более 2 лет. Яичный порошок очень гигроскопичен и под влиянием света, влаги и кислорода воздуха быстро портится.

Яичный порошок перед употреблением просеивают, а затем разводят в трех- или четырехкратном количестве воды температурой не более 45 °С. Воду добавляют в порошок, постепенно перемешивая массу. Полученную эмульсию процеживают через сито с ячейками диаметром 2 мм. В сухом виде яичный порошок не используют, так как его частицы не успевают набухнуть в тесте, что вызывает появление крапин в изделиях.

Повидло, джем и варенье поступают на хлебозавод в металлических банках или деревянных бочках, повидло может быть упаковано также в ящики. Эти продукты хранят в сухом помещении при температуре 0-20 °С и относительной влажности 75-80 %. При этих условиях повидло, упакованное в ящики, хранится до 6, а упакованное в бочки - до 9 мес. Хранение джема, варенья и повидла в теплом и влажном помещении может привести к их сбраживанию или плесневению.

Перед употреблением повидло пропускают через сито с ячейками диаметром не более 2 мм.

Пряности хранят в сухом чистом помещении в плотно закрытой таре. Нельзя хранить пряности вместе с другими сильно пахнущими веществами.

Перед употреблением тмин, анис и другие пряности просеивают и пропускают через магнитные уловители. При использовании дробленых пряностей (например, корицы) рекомендуется измельчать их порциями, чтобы сохранить аромат.

Ванилин хранят в жестяных коробках до 1 года. Перед добавлением в тесто ванилин растворяют в 96%-ном спирте в соотношении 2 : 1 или в горячей воде температурой 80 °С.

Эфирные масла и эссенции хранят в плотно закрытых бутылках с притертыми пробками, которые устанавливают в корзины, заполненные опилками. Эссенции огнеопасны и летучи. При температуре до 25 °С их можно хранить в течение 6 мес.

Изюм хранят в ящиках. Перед употреблением его перебирают, удаляют примеси и ветки, а затем моют вручную или на специальной машине. После мойки изюм помещают на сито для удаления капелек влаги.

Орехи и миндаль хранят в мешках, перед употреблением их перебирают.

Мед очень гигроскопичен, поэтому его хранят в деревянных бочках, молочных флягах при температуре не выше 10 °С в чистом, сухом, вентилируемом помещении с относительной влажностью воздуха не выше 75-80 %. Перед подачей на производство мед пропускают через сито с размером ячеек 3 мм.

Крахмал хранят в мешках, уложенных на стеллажах штабелями, при температуре воздуха в помещении 15-18 °С и относительной влажности воздуха не выше 70 %, так как вследствие высокой гигроскопичности крахмал может впитывать влагу, при этом в нем образуются комки, развиваются микроорганизмы и он приобретает гнилостный запах.

В связи с высокой гигроскопичностью и возможностью заражения инсектицидами и микроорганизмами крахмал нельзя хранить вместе с мукой в одном помещении. Его также нельзя хранить вместе с пахучими веществами, так как он способен поглощать запахи.

Мак хранят в мешках, а перед употреблением просеивают через сито с ячейками диаметром 0,5 мм. Если мак сильно загрязнен, его рекомендуется поместить в раствор соли плотностью 1,2 г/см³, при этом минеральные примеси осядут на дно, а мак всплывет на поверхность. Затем его промывают проточной водой.

2.2. Хранение соли и подготовка её к производству На хлебопекарные предприятия малой мощности соль поступает в мешках и хранится в отдельном помещении насыпью или в ларях. Ввиду гигроскопичности ее нельзя хранить вместе с другими продуктами. Соль добавляют в тесто в виде раствора концентрацией 25-26мас.%. Насыщенный раствор готовят в соле- растворителях, затем фильтруют и подают в производственные сборники.

На большинстве хлебозаводов соль хранят в растворе (слайд рис. 5.8). Соль, доставленную на хлебозавод самосвалом, ссыпают в железобетонный бункер, который для удобства выгрузки соли углублен на 2,8 м от отметки пола. Бункер имеет приемный отсек и 2-3 отстойника. В приемный отсек проведены трубопроводы с холодной и горячей водой. Раствор соли через отверстия в перегородках самотеком поступает во все отсеки отстойника, а затем фильтруется.

Периодически плотность солевого раствора проверяют ареометром.

Чем выше плотность раствора соли, тем выше ее концентрация. Определив плотность, по таблицам перевода находят истинную концентрацию соли в растворе.

Обычно готовят солевой раствор 25%-ной концентрации (плотность раствора 1,1879 г/см³) или 26%-ной концентрации (плотность раствора 1,1963 г/см³). Если плотность раствора в последнем отсеке растворителя окажется недостаточной, то раствор перекачивают насосом в приемный отсек. Изменение принятой на производстве плотности солевого раствора нарушает дозировку соли и требует перерасчета количества этого раствора, подаваемого на замес полуфабрикатов.

2.3. Хранение дрожжей и подготовка их к производству

Хлебопекарные прессованные дрожжи хранят при температуре 0-4°С. Гарантийный срок их хранения в таких условиях 12 сут.

При подготовке прессованных дрожжей для замеса полуфабрикатов их разводят водой температурой 29-32 °С в бачках с мешалками в соотношении 1 : (2-4).

Замороженные дрожжи хранят при температуре 0-4 °С, оттаивать их следует медленно при температуре не выше 8 °С.

Сушеные дрожжи хранят в жестяных банках, бумажных пакетах или ящиках, выстланных пергаментом, при температуре выше 15 °С. Гарантийный срок хранения дрожжей высшего сорта 12, первого сорта - 6 мес.

Дрожжи высшего сорта упаковывают герметически. При упаковке в негерметичную тару срок их хранения сокращается вдвое. При хранении ежемесячное ухудшение подъемной силы допускается не более чем на 5 %.

Сушеные дрожжи перед употреблением следует замачивать в теплой воде до образования однородной смеси.

На некоторых заводах прессованные и сушеные дрожжи активируют. Сушеные дрожжи особенно нуждаются в длительной активации в среде, богатой питательными веществами. По технологической инструкции их рекомендуется активировать в течение 5-6 ч в жидкой осахаренной мучной заварке, приготовленной из муки пшеничной второго сорта (15 кг заварки на 1 кг дрожжей). Готовые активированные дрожжи следует израсходовать в течение 4 ч.

Качество активированных дрожжей проверяют по подъемной силе (10-15 мин по всплывающему шарик) и кислотности (2,5-3 град для муки первого сорта).

Охлажденное до температуры 3-10 °С дрожжевое молоко поступает на хлебозавод в автоцистернах, откуда оно перекачивается в стальные емкости с водяной рубашкой и электромешалкой, которую включают через каждые 15 мин на 30 с для обеспечения однородной концентрации дрожжевых клеток по всей массе продукта.

Продолжительность хранения дрожжевого молока при температуре 3-10 °С 2 сут, при температуре 0-4 °С - до 3 сут.

На некоторых хлебозаводах перед перекачиванием в производственные емкости дрожжевое молоко разбавляют в специальном баке водой до постоянной концентрации в нем дрожжевых клеток (слайд рис. 5.9), например, до содержания 300 г/дм³ дрожжевого молока. Эта операция дает возможность не менять доз дрожжевого молока в производственной рецептуре, если отдельные его партии имеют разную концентрацию дрожжевых клеток.

2.4. Хранение сахара и подготовка его к производству При тарном хранении сахар поступает на хлебозаводы в мешках массой 50 или 100 кг и хранится на складах. Для этого используют сухие, отапливаемые помещения. Резкие изменения температуры и относительной влажности воздуха могут привести к конденсации влаги на кристаллах сахара.

При бестарной перевозке сахара-песка его транспортируют в тех же цистернах, что и муку, а разгружают при помощи сжатого воздуха.

При хранении в бункерах влажность сахара не должна превышать 0,05 %, в противном случае он может слежаться, что приведет к затруднениям при разгрузке бункеров. Для растворения сахара на хлебозаводах используют растворители следующих моделей: СЖР, ХЛБ-12, Х-14 и др. Растворитель представляет собой емкость с вертикальным перемешивающим устройством, которое состоит из червячного привода с электродвигателем и вертикальной лопастной мешалки. Емкость снабжена рубашкой для обогрева водой или паром низкого давления.

Сахар растворяют в определенном объеме горячей воды при постоянном перемешивании. Приготовленный раствор перекачивают в расходную емкость, из которой его дозируют на замес теста. Для выработки хлебобулочных изделий, содержащих по рецептуре до 10 % сахара, сахарный раствор готовят в основном 50%-ной концентрации (плотностью 1,23 г/см³). Такие растворы хорошо хранятся и кристаллизуются только при температуре ниже 17 °С. С увеличением дозировки сахара до 20-30 % по рецептуре его вносят при замесе теста в кристаллическом виде или используют растворы большей концентрации.

Растворы сахара готовят следующей концентрации (%): для булочных изделий - 50; сдобных изделий с 10, 20, 25 и 30 % сахара по рецептуре - соответственно 50, 65, 68, 70;

бараночных изделий с 15 и 20% сахара по рецептуре -65 и 70; сухарных изделий 22% сахара по рецептуре — 71; для диетических изделий с 25 % сахара по рецептуре — 73.

Растворы сахара 70%-ной концентрации (плотностью $1,35 \text{ г/см}^3$) позволяют обеспечить его дозирование в растворенном виде в изделия с высоким содержанием сахара по рецептуре. Температура насыщения 70%-ного сахарного раствора 38°C . Такие растворы быстро кристаллизуются даже при небольшом перенасыщении, поэтому важно соблюдать оптимальный температурный режим ($38\text{--}40^\circ\text{C}$).

Процессу кристаллизации способствует наличие в растворе «зародышей» - центров кристаллизации, которыми являются случайные мелкие частицы сахара, механические примеси и др.

Прекрасным антикристаллизатором является поваренная соль - NaCl, а так как во все сорта теста для хлебобулочных и кондитерских изделий в качестве необходимого ингредиента входит соль, то такой антикристаллизатор очень удобен и выгоден.

На каждые 10 дм^3 раствора сахара плотностью $1,35 \text{ г/см}^3$ добавляют $0,755 \text{ дм}^3$ раствора соли плотностью $1,2 \text{ г/см}^3$. В 1 дм^3 смеси содержится $0,8767 \text{ кг}$ сахара и $0,0219 \text{ кг}$ соли. Температура насыщения смеси понижается до 17°C , что в любое время года не превышает температуру цеха пищевого предприятия. В этих условиях смесь можно хранить продолжительное время. Содержание хлорида натрия в ней соответствует минимальной дозе (согласно рецептуре на 100 кг муки) и составляет $0,75 \text{ кг}$ соли.

При приготовлении теста масса сахаросолевого раствора должна обеспечивать дозировку всего сахара по рецептуре. Недостаток соли компенсируется при замесе солевым раствором плотностью $1,2 \text{ г/см}^3$.

Смесь, приготовленная в указанных соотношениях сахара и соли, не кристаллизуется в течение 3 мес. После четырехчасового перемешивания даже под микроскопом при 300-кратном увеличении кристаллы в растворе не обнаруживаются.

При перевозке белого кристаллического сахара морским путем в некоторых случаях сахар растворяют сразу же при выгрузке из танкера. В одной из цистерн для хранения сахарного раствора готовят нужный объем теплой воды, для этого к выходному патрубку танкера крепят соединительный блок, через который циркулирует теплая вода. Сахар растворяют до требуемой концентрации и перекачивают в другую цистерну.

В настоящее время сахарные растворы на хлебозаводах чаще всего готовят на установке Т1-ХСП (слайд рис. 5.10).

Сахар поступает с сахарного завода на хлебозавод в мешках. Затем его растворяют и перекачивают по трубам в емкости для хранения, которые монтируют над тестомесильными отделениями, а если хлебозавод одноэтажный, то на более высоком уровне, чем размещены тестомесильные машины.

В растворитель вместимостью $0,25 \text{ м}^3$ дозатором отмеривают необходимое количество горячей воды. Затем в чан смесителя засыпают один или два мешка сахара.

Дополнительных весовых дозаторов для сахара не требуется. Растворение производится барботированием сжатым воздухом, после чего раствор пропускают через фильтр и сжатым воздухом по трубам подают в емкости для хранения.

Вместимость растворителя может обеспечить сахарным раствором хлебозавод любой производительности, так как продолжительность растворения 200 кг сахара составляет 12 мин, в том числе: заполнение смесителя горячей водой - 2 мин; подача сахара и перемешивание - 4 мин; перемешивание раствора - 5 мин; подача в сборник - 1 мин.

На хлебозаводах малой мощности в этой же установке можно растворять соль и готовить дрожжевую суспензию. Барботирование и транспортирование раствора сжатым воздухом создают для этого хорошие условия.

Транспортирование растворов сжатым воздухом имеет существенные преимущества (по сравнению с перекачиванием насосами), а именно: простота конструкции и достаточно легкое обслуживание установки. При этом емкость и трубопровод полностью

освобождаются от жидкости и продуваются воздухом, что особенно важно для пищевых предприятий.

В настоящее время для обслуживания таких установок выпускают диафрагмовые компрессоры, которые вырабатывают сжатый воздух, не загрязненный маслом.

На хлебозаводы крупных городов поставляется жидкий сахар, который представляет собой раствор светло-желтого цвета, без посторонних запахов и привкусов. В хлебопекарной промышленности применяют жидкий сахар высшей (обесцвеченный адсорбентами) и первой (очищенный с помощью фильтровальных порошков) категорий.

Промышленность выпускает жидкий сахар концентрацией до 70%, с содержанием сухих веществ около 64%, сахарозы 99,9- 99,5 % на СВ. Его транспортируют в автоцистернах для пищевых продуктов или железнодорожных цистернах, снабженных термоизоляцией для сохранения его температуры 40-60 °С в процессе перевозки.

Из автоцистерн жидкий сахар насосом или самотеком подается в установленные на складе хлебозавода сборники, вместимость и количество которых зависят от расхода сахара в производстве.

В качестве расходных баков используют емкости из нержавеющей стали с теплообменными рубашками.

В случае затруднительной работы насоса при перекачке жидкий сахар подогревают.

Использование жидкого сахара на производстве обеспечивает значительный экономический эффект:

- упраздняются ручные операции по разгрузке, складированию, перемещению и доставке к производственным участкам мешков с сахаром;

- ликвидируются такие операции, как расшивка мешков, растворение сахара, обработка и отправка пустых мешков;

- исключаются потери сахара при расшивке мешков и высыпании в бункер;

- отсутствует затаривание сахара в мешки, а следовательно, и связанные с этим расходы;

- транспортирование жидкой фазы по трубам к местам хранения и потребления более выгодно, чем пневмо- и аэрозольтранспорт сухого сахара (не говоря уже о доставке в мешках);

- сокращаются площади хранения: жидкий сахар 67%-ной концентрации занимает меньший объем, чем сухой. При хранении в цистернах можно использовать большую площадь и почти всю высоту складского помещения. Несмотря на то, что стоимость транспортирования несколько увеличивается, так как масса жидкого сахара на 40-45 % больше сухого, это не влияет на общий экономический эффект.

Применение жидкого сахара улучшает санитарное состояние хлебопекарного предприятия.

При централизованном получении жидкого сахара можно осуществить тщательную очистку, фильтрацию и контроль сахара по всем показателям, что трудно организовать на многочисленных предприятиях-потребителях.

Патока поступает на хлебозаводы в железнодорожных или автомобильных цистернах, откуда ее насосом перекачивают в резервуары-хранилища, где она хранится при температуре 8-12 °С в условиях, предохраняющих резервуары от воздействия солнечных лучей и атмосферных осадков. Для обеспечения постоянной температуры хранения патоки резервуары размещают в специальном помещении, оборудованном установкой с автоматическим регулятором температуры.

Для снижения вязкости патоку при внутризаводском транспортировании подогревают до температуры 45 °С. Перед использованием ее пропускают через сито с ячейками диаметром не более 3 мм.

Вопросы для самоконтроля

1. Как производят хранение и подготовку соли и сахара перед использованием её в производстве?

2. Как хранят дрожжи?

Литература

1. Пашук, З.Н. Технология производства хлебобулочных изделий: справочник/ З.Н. Пашук, Т.К. Апет, И.И. Апет. – Спб.: ГИОРД, 2009. – 400 с. **ISBN** 978-5-98879-065-5
2. Матвеева, Т.В., Корякина, С.Я. Технология мучных кондитерских изделий. СПб.: Троицкий мост, 2011. – 408 с. **ISBN** 978-5-904406-16-5

Лекция 3. Процессы, протекающие при хранении пшеничной и ржаной муки (4 часа)

3.1. Процессы протекающие при хранении пшеничной муки. При хранении на хлебозаводах в муке протекают химические, физические и ферментативные процессы, вызывающие изменение ее хлебопекарных свойств.

Сразу после помола в муке происходит газообмен, интенсивность которого в процессе хранения снижается: частицы муки поглощают кислород и выделяют диоксид углерода. Газообмен протекает в результате дыхания микроорганизмов и окислительных процессов частиц муки — окисления липидов, каротиноидных пигментов (каротина, ксантофилла) и SH-группы клейковинных белков.

Интенсивность окислительно-восстановительных процессов, биохимических изменений в муке находится в прямой зависимости от влажности, температуры, наличия и активности ферментов.

В зависимости от глубины этих процессов хлебопекарные свойства муки могут улучшаться или ухудшаться.

Улучшение хлебопекарных свойств, происходящее при хранении свежесмолотой муки, называют *созреванием*.

Свежесмолотая мука обладает низкой водопоглотительной способностью, образует липкое, быстро разжижающееся при брожении тесто. При расстойке куски теста быстро расплываются. Готовый хлеб имеет пониженный объем. На поверхности корки часто наблюдаются мелкие трещины. Подовый хлеб может иметь расплывчатую форму. Выход готового хлеба снижается, так как для предотвращения дефекта хлеба уменьшают массу воды на замес теста по сравнению с расчетной.

В результате созревания пшеничная мука становится более «сильной». Объем хлеба увеличивается, возрастает пористость мякиша, она становится более равномерной, тонкостенной, снижается расплываемость подовых изделий. В муке со «слабой» клейковиной в результате отлежки происходят особенно глубокие изменения, улучшаются ее хлебопекарные свойства и в наибольшей степени — состояние белковых веществ клейковинного комплекса. В муке, средней по силе, эти изменения менее выражены. «Сильная» мука при созревании становится еще более «сильной».

В результате созревания муки изменяются массовая доля жира, влаги, цвет, кислотность, состояние белково-протеиназного и углеводно-амилазного комплексов.

Изменение влажности

Влажность муки изменяется в зависимости от длительности и условий ее хранения. Она увеличивается или уменьшается, достигая равновесной влажности, соответствующей параметрам воздуха на складе.

При хранении муки в мешках, уложенных в штабеля, влажность ее изменяется медленно. В таких условиях значительное изменение массовой доли влаги происходит только при длительном хранении (месяц и более).

На хлебозаводах мука хранится не более 7 сут, поэтому изменение массовой доли влаги в ней практически несущественно.

В хлебопекарном производстве массовую долю влаги в муке, равную 14,5 %, принято называть *базисной*, что соответствует равновесной влажности при хранении муки на складах при температуре 18 °С и относительной влажности воздуха 70—75 %. Изменение доли влаги в муке W является функцией относительной влажности воздуха ϕ и может быть выражено S-образной кривой (рис. 5.7), разделяющей координатную плоскость на область сорбции (!) и десорбции (IG). Участок OA соответствует молекулярной адсорбции, так как поглощение влаги на этом участке характеризует образование мономолекул яркого слоя на поверхности мицелл, участок кривой AB — полимолекулярной адсорбции, а участок BC — капиллярной адсорбции, при которой происходит заполнение макрокапилляров за счет осмотического связывания влаги частицами муки.

Изменение кислотности

Кислотность муки — показатель качества муки, свидетельствующий о степени ее свежести. Кислотность обусловлена наличием белков, имеющих кислую реакцию, содержанием свободных жирных кислот и различных фосфорорганических соединений, в первую очередь фитина и фосфолипидов. В муке также присутствуют органические кислоты — яблочная, уксусная, молочная, щавелевая и др.

При хранении муки изменяется ее общая и активная кислотность. Это связано с гидролитическими процессами, протекающими в высокомолекулярных соединениях муки. Так, содержащиеся в муке жиры под действием фермента липазы гидролизуются до свободных жирных кислот и глицерина. В соответствии с этим за 6—9 сут хранения возрастает содержание свободных насыщенных жирных кислот и повышается кислотное число жира. Изменения йодного числа не происходит.

Интенсивность гидролитического распада жиров и образования свободных жирных кислот тем выше, чем больше массовая доля влаги в муке и чем выше температура ее хранения (до определенного предела). Расщепление жиров начинается главным образом при наличии капиллярной конденсации. В липидах муки содержатся ненасыщенные жирные кислоты: линолевая, олеиновая и линоленовая. Они также подвергаются изменениям под действием окислительных ферментов, в частности фермента липоксигеназы. Наиболее интенсивно эти изменения протекают в присутствии кислорода воздуха. В результате окисления ненасыщенных жирных кислот образуются пероксиды

Пероксиды жирных кислот могут легко подвергаться дальнейшему окислению, катализируемому липоксигеназой, что может вызвать порчу муки. Именно глубокое окисление ненасыщенных жирных кислот приводит к прогорканию муки.

Из всех ненасыщенных жирных кислот липоксигеназа окисляет с достаточной скоростью линолевую и линоленовую кислоты. Олеиновая кислота окисляется медленнее.

Окисление ненасыщенных жирных кислот под действием липоксигеназы приводит к образованию гидропероксидов:

Образующиеся гидропероксиды, обладая весьма высокой окислительной способностью, могут окислять новые порции ненасыщенных жирных кислот.

Определенную роль в изменении кислотности муки играет фитин-кальций-магниевая соль инозитфосфорной кислоты.

Под действием фермента фитазы, содержащейся в муке, особенно смолотой из зерна с примесью проросшего, инозитфосфорная кислота расщепляется на мио (мезо)-инозит и свободную ортофосфорную кислоту. Оптимум действия фитазы пшеничного зерна (муки) находится в области pH 5,8.

Фитаза (липо-инозитол-гексафосфат-фосфогидролаза) катализирует расщепление фитина (кальций-магниевая соль мезо-инозит-гексафосфорной кислоты) и инозитфосфорной (фитиновой) кислоты.

Ферментативный гидролиз фитиновой кислоты, на которую приходится 70—75 % содержащегося в муке фосфора, представляет интерес для физиологии питания, поскольку она связывает кальций, магний, железо, образуя водонерастворимые комплексы и препятствуя их усвоению организмом человека. Фитаза играет большую роль в качестве фактора повышения пищевой ценности хлеба. Расщепляя в процессе брожения теста большую часть содержащейся в нем инозитфосфорной кислоты, фитаза способствует лучшему усвоению солей кальция. Кроме солей кальция и магния инозитгексафосфорной кислоты фитаза расщепляет соли *пен-та-* и *ве/яро-*фосфорных кислот.

Наибольшая активность этого фермента проявляется в алейроновом слое зерновки, а наименьшая — в зародыше.

Из ферментов, оказывающих окислительное действие, в пшеничной муке содержатся о-дифенолоксидаза, каталаза и пероксидаза. В пшеничной муке практически отсутствует аскорбинатоксидаза, но в то же время установлено, что в ней имеется система,

окисляющая аскорбиновую кислоту в дегидроаскорбиновую. Процесс окисления аскорбиновой кислоты протекает, вероятно, за счет присутствия катализаторов в виде ионов металлов. В муке также обнаружены цитохромоксидаза и оксидаза уксусной кислоты.

Следовательно, повышение кислотности пшеничной муки вызывает гидролитическое расщепление жира и образование свободных жирных кислот, окисление последних и накопление в результате их окисления альдегидов и кетонов, гидролиз фосфорорганических соединений и образование фосфатов типа $\text{KН}_2\text{PО}_4$, небольшой гидролиз белковых веществ и образование продуктов кислотного характера, содержащих свободные концевые группы — COOH и другие факторы.

На увеличение общей кислотности влияют выход и влажность муки, а также температура. Нарастание кислотности наиболее интенсивно происходит в течение первых 15—20 дней после размола зерна. При хранении муки, смолотой с примесью проросшего зерна или самосогревшегося, ее кислотность увеличивается быстрее, чем муки, смолотой из нормального зерна.

Изменение липидов

Липиды (от греческого *lipos* — жир) — группа природных соединений, нерастворимых в воде, но растворимых в органических растворителях, образующих при гидролизе высокомолекулярные жирные кислоты. Наряду с белками, нуклеиновыми кислотами и углеводами липиды образуют четвертый класс соединений в живых клетках. Липиды, разнообразные по структуре вещества, объединены общим признаком — наличием высокомолекулярных жирных кислот и гидрофобностью.

По структуре липиды подразделяют на три группы: простые, сложные и производные липидов. К простым липидам относятся только эфиры жирных кислот и спиртов. В состав сложных липидов кроме жирных кислот и спиртов входят другие компоненты различного химического строения. К производным липидам относятся в основном жирорастворимые витамины.

В результате ферментативных процессов под действием липазы, обладающей субстратной специфичностью, происходит гидролиз липидов. Максимальная активность липазы лежит в диапазоне значений pH от 5 до 8. При гидролизе триацилглицеролов, в состав молекул которых входят преимущественно три разные жирные кислоты, образуются глицерин и ненасыщенные жирные кислоты, среди которых преобладают ненасыщенные триглицериды:

В состав простых липидов зерновых культур (пшеницы, ржи) входят гликолипиды, состоящие из остатков моноз. Гликолипиды выполняют структурные функции, им принадлежит важная роль в формировании клейковинных белков пшеницы, определяющих хлебопекарное достоинство муки. Чаще всего в молекулу гликолипидов входят D-галактоза, D-глюкоза, β -манноза.

В состав сложных липидов входят фосфолипиды, состоящие из остатков спиртов (глицерина, сфингозина), жирных кислот, фосфорной кислоты, азотистых оснований (чаще всего холин $[\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-(\text{CH}_3)\text{N}]^+\text{OH}$ или этаноламин $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$), остатки аминокислот и некоторых других соединений. Общие формулы фосфолипидов, содержащих остатки глицерина и сфингозина, приведены ниже:

Массовая доля фосфолипидов в зерне пшеницы составляет 0,54 %, в зерне ржи — 0,6 %.

Липиды — наиболее лабильные компоненты муки, нестойкие при хранении.

Под влиянием фермента липазы триацилглицерина гидролизуются с образованием ди-, затем моноацилглицеринов и в итоге жирных кислот и глицерина

Гидролитический распад липидов зерна, муки, крупы — одна из причин ухудшения их качества, которая в итоге приводит к порче. Этот процесс особенно ускоряется при повышении влажности, температуры и активности липазы. Скорость и глубина гидролиза липидов характеризуется *кислотным числом*, т. е. количеством гидроксида калия,

необходимым для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г масла. Для муки кислотное число не нормируется.

При хранении муки липиды, содержащие радикалы полинена- сыщенных жирных кислот, окисляются кислородом воздуха. Продуктами окисления являются разнообразные по строению гидропероксиды:

Образовавшиеся гидропероксиды неустойчивы; в результате их сложных превращений образуются вторичные продукты окисления: *окси-* и *эпоксисоединения*, спирты, альдегиды, кетоны, кислоты и их производные с углеродной цепочкой различной длины. В ряду эфиров олеиновой, линолевой и линоленовой кислот соотношение скорости окисления 1 : 27 : 77. Скорость окисления жиров уменьшается при понижении содержания кислорода в окружающей среде. Окисление липидов происходит и под действием биологических катализаторов — липоксигеназ и при участии фермента липазы.

Липаза осуществляет гидролиз триацилглицеринов, липоксигеназа катализирует образование гидропероксидов ненасыщенных жирных кислот, в основном линолевой и линоленовой. Свободные жирные кислоты окисляются быстрее, чем их остатки, входящие в молекулы жира.

Окисление липидов сопровождается изменением не только глицеринов, но и сопутствующих веществ — каротиноидов, ксантофиллов. Глубокое окисление вызывает порчу продукта (мука, крупа, кондитерские изделия и т. д.).

Изменение липидов муки способствует увеличению ее кислотности при хранении.

Изменение белково-протеиназного комплекса

При хранении муки наибольшие изменения претерпевает ее белково-протеиназный комплекс. Повышение кислотности муки в период ее созревания не оказывает практически значимого влияния на ее хлебопекарные свойства. Основная причина повышения «силы» пшеничной муки при созревании — укрепление физических свойств клейковины под влиянием окислительного воздействия, прежде всего кислорода воздуха, пероксидных соединений, образующихся в муке при гидролизе липидов и ненасыщенных жирных кислот. В процессе окисления изменяются физико-химические свойства белково-протеиназного комплекса. Активность протеаз снижается, и в белках муки уменьшается число SH-групп во всех компонентах белково-протеиназного комплекса. Окисление SH-групп в глутатионе, молекуле протеиназы и в белковых составляющих муки с образованием дисульфидных —S—S—связей приводит к уплотнению и упорядочению структуры белка и уменьшению его атакующести протеолитическими ферментами, снижению их активности. Образовавшиеся при созревании муки пероксиды предварительно окисляют содержащуюся в муке тиоктовую (α-липоевую) кислоту, моноокисная форма которой затем окисляет SH-группы белково-протеиназного комплекса и активаторов протеолиза.

Это объясняется тем, что образующиеся свободные насыщенные жирные кислоты и продукты их окисления ингибируют протеазы, в результате ферментативная атакующесть веществ снижается. При хранении муки следует учитывать температуру свежесмолотой муки и окружающей среды и относительную влажность воздуха.

В летний период свойства клейковины изменяются уже на 3— 5-й день хранения, а в зимний — недостаточно и 10-дневной отлежки. Значительная роль принадлежит кислороду воздуха. Наиболее быстрое созревание муки, выражающееся в улучшении упругих свойств клейковины, наступает при относительной влажности 80 %. При влажности 40 % изменения пластических свойств клейковины и теста проявляются очень слабо. Соответственно процесс гидролиза липидов в последнем случае происходит медленнее, чем при более высокой влажности.

Присутствие кислорода ускоряет изменение качества клейковины; в бескислородной среде этот процесс протекает медленно.

Следует отметить, что хотя свободные липиды и играют большую роль в созревании пшеничной муки, но при отсутствии этой фракции процесс идет в том же направлении, хотя и несколько медленнее.

Аэрирование свежесмолотой муки воздухом температурой 20—25 °С заметно улучшает хлебопекарные свойства клейковины. Влагоемкость муки, которая характеризуется массой воды, добавляемой к муке для получения теста нормальной консистенции, возрастает, снижается степень его разжижения и липкость, возрастает упругость клейковины и теста. Расплавимость тестовых заготовок в процессе расстойки и выпечки снижается. Наиболее заметны эти изменения при созревании муки «очень слабой» и «слабой». Чем «слабее» была мука непосредственно после помола, тем заметнее улучшаются при хранении свойства ее клейковины.

«Слабую» муку для полного созревания необходимо хранить более длительно и лучше при оптимальной температуре (до 60 °С). «Сильную» муку подвергают только кратковременной отлежке.

Оптимальные условия ускоренного созревания свежесмолотой пшеничной муки при бестарном хранении в силосах — аэрирование ее воздухом температурой 25 °С в течение 6 ч при удельном расходе воздуха 2—3 мУч на 1 т муки. При аэрировании муки со слабой или нормальной исходной клейковиной достигается больший эффект, чем при аэрировании муки с начальной сильной клейковиной. Чрезмерно длительное хранение муки, даже в оптимальных условиях, приводит к постепенному ухудшению ее хлебопекарных свойств.

Инфракрасное облучение ускоряет созревание пшеничной муки.

При созревании муки во время хранения происходят и другие процессы, влияющие в известной степени на состояние белково-протеиназного комплекса и степень его изменения. Так, восстанавливающие сахара вступают во взаимодействие с белковыми веществами муки с образованием дополнительных поперечных связей и укрепляют структуру белковых макромолекул.

При созревании муки возможна полимеризация водорастворимых пентозанов, что также отражается на реологических свойствах клейковины и теста.

Изменения свойств клейковины и теста являются следствием окислительных процессов, происходящих в муке под действием кислорода воздуха и пероксидных соединений, которые образовались в муке при комплексном воздействии ферментов липазы на липиды и липоксигеназы — на ненасыщенные жирные кислоты муки.

Однако влияние этих и других факторов на процессы, протекающие в муке, еще подлежит дальнейшему изучению.

При хранении свежесмолотой муки происходит окисление каротиноидных и ксантофилловых пигментов, приводящее к осветлению муки.

Каротиноиды — углеводороды изопреноидного ряда $C_{40}H_{56}$ (каротины) и их кислородсодержащие производные. Желтая и оранжевая окраска тетратерпенов, к которым принадлежат пигменты каротиноиды, связана с наличием длинного ряда сопряженных двойных связей. К группе каротиноидов относятся каротины, провитамины группы А. Самый активный из этих каротиноидов — β -каротин, молекула которого в организме человека способна образовать две молекулы витамина А.

Кроме того, у пресноводных рыб обнаружен дегидроретинол (витамин A_2), отличающийся от ретинола наличием дополнительной двойной связи в третьем положении β -ионового кольца.

Провитаминами А являются каротины, из которых наибольшей биологической активностью обладает β -каротин.

Каротиноиды устойчивы к изменению pH среды, к веществам, обладающим восстановительными свойствами, но при нагревании выше 100 °С или под действием солнечного света легко окисляются.

Тетратерпены, в молекулах которых содержатся кислородсодержащие группы, называются ксантофиллами.

Процесс осветления муки протекает медленно и может продолжаться в течение длительного времени. Окисление пигментов обусловлено их характерной особенностью — наличием значительного числа сопряженных двойных связей, образующих их хромофорные группы, от которых зависит окраска.

Каротиноиды являются переносчиками активного кислорода и принимают участие в окислительно-восстановительных процессах. Каротин легко образует пероксиды, в которых молекула кислорода присоединяется по месту двойной связи и может окислять кроме указанных ранее сульфгидрильные группы белковых веществ и протеолитических ферментов, каротиноиды, ксантофиллы, аминокислоты, аскорбиновую кислоту и хлорофилл. Поскольку липоксигеназа обеспечивает вторичное окисление каротиноидов, сопровождающееся исчезновением характерной для них жел-

той окраски, происходит отбеливание муки, и мякиш хлеба приобретает более светлую окраску.

Аэрирование муки существенно ускоряет процесс окисления каротиноидных, ксантофилловых и хлорофилловых пигментов муки. Так, в свежесмолотой муке, затаренной в мешки, содержание каротиноидов составляло 0,186 мг%. После пневмотранспортирования их доля в муке уменьшилась до 0,133 мг%.

Для интенсификации процессов окисления пигментов муки и теста с целью получения более светлого мякиша хлеба применение ферментных препаратов на основе липоксигеназы представляет определенный интерес.

3.2. Процессы протекающие при хранении ржаной муки. В свежесмолотой ржаной муке в начальный период ее хранения протекают биохимические изменения, аналогичные изменениям, наблюдаемым при созревании свежесмолотой пшеничной муки, но аналогичного изменения хлебопекарных свойств не отмечается.

При хранении ржаной муки понижается активность ее амило-литических ферментов и повышается стойкость крахмала к действию амилолитических ферментов, снижается атакуемость белковых веществ и активность протеолитических ферментов, повышается способность к набуханию нерастворимых в воде белков, несколько возрастает кислотность. Более заметные изменения наблюдаются при хранении муки с массовой долей влаги свыше 15%, а также ржаной сеяной муки. Установлено замедляющее влияние свободных ненасыщенных жирных кислот на клейстеризацию крахмала ржаной муки.

При созревании ржаной сеяной муки вследствие протекания окислительных процессов и значительного снижения доли восстановленной формы глутатиона заметно улучшаются структурномеханические свойства теста из нее: увеличивается его вязкость, снижается расплываемость тестовых заготовок в период расстойки и несколько улучшается цвет мякиша хлеба. Кроме того, улучшаются такие показатели качества хлеба, как упругость и эластичность мякиша, а также состояние его пористости.

Ржаную муку, смолотую из зерна, подвергнувшегося в период уборки действию атмосферных осадков (без видимых признаков прорастания), следует направлять на отлежку. Хлеб из такой муки из-за повышенной активности ферментов имеет липкий, влажный на ощупь, заминающийся мякиш. Отлежка такой муки в течение 2 мес после помола несколько улучшает качество хлеба из нее.

Однако улучшение хлебопекарных свойств ржаной муки в процессе созревания не имеет практически значимого эффекта.

При хранении ржаной муки, как и пшеничной, необходимо учитывать влажность муки, параметры атмосферы (относительная влажность и температура воздуха) и исходные показатели ее качества.

При хранении ржаной обойной, обдирной и сеяной муки в течение 30 дней при температуре от 17 до 21 °С и относительной влажности воздуха от 52 до 84 % массовая доля общего азота и белковых веществ не изменяется, а массовая доля их спирто- и щело-

черастворимых фракций возрастает. Массовая доля солерастворимой фракции снижается, причем эта тенденция наиболее ярко выражена при влажности муки 13 %.

Массовая доля нерастворимого остатка азотсодержащих веществ при повышенной влажности уменьшается, по-видимому, из-за жизнедеятельности микроорганизмов муки.

Состав аминокислот белков ржаной муки при хранении практически не изменяется. Сахарообразующая и газообразующая способности муки несколько увеличиваются. Число падения и авто-литическая активность меняются незначительно.

Конечная температура клейстеризации крахмала повышается. Массовая доля водорастворимых пентозанов увеличивается.

Ухудшение пищевого достоинства ржаной муки с влажностью 13 % и ниже происходит главным образом в результате окислительного прогоркания, а при 15 % и выше — преимущественно из-за развития бактерий и микромицетов.

3.3. Процессы, вызывающие порчу муки при хранении. На предприятие поступает мука влажностью не более 15 %, однако при хранении в неблагоприятных условиях (при повышенных значениях влажности и температуры окружающего воздуха) влажность ее повышается. В такой муке протекает ряд нежелательных процессов (прогоркание, прокисание, плесневение, развитие насекомых и клещей, самосогревание, слеживание), которые могут привести к снижению ее хлебопекарных свойств и в итоге к порче.

Изменения в составе и свойствах компонентов ржаной муки при хранении в условиях влажности выше критической и при доступе кислорода воздуха весьма существенны.

Изменение липидов

Одним из наиболее четко выраженных признаков изменения хлебопекарных свойств муки при хранении ее в среде повышенной влажности является увеличение кислотности в результате накопления продуктов гидролиза, катализируемого ферментами фитазой (при действии на фитин) и кислой фосфатазой. В пшенице содержится достаточно большое количество фитина — 400 мг/100 г продукта, причем основная часть сосредоточена в наружном слое зерна. Хлеб, выпеченный из муки высшего сорта, практически не содержит фитина. В хлебе из ржаной муки его мало из-за высокой активности фитазы, способной расщеплять фитин.

Фитин благодаря своему химическому строению легко образует с ионами Ca, Mg, Fe, Zn и Si труднорастворимые комплексы. Этим объясняется его деминерализующий эффект, снижающий усвоение минеральных веществ.

Ферментативное окислительное прогоркание начинается с гидролиза жира ферментом липазой:

Образовавшаяся в результате гидролиза линолевая кислота под действием фермента липоксигеназы окисляется с образованием гидропероксида линолевой кислоты. Окисление продуктов гидролиза может продолжаться и дальше. Вторичные продукты окисления (альдегиды, кетоны, кислоты с углеродной цепочкой меньшей длины, чем в исходных липидах, а также разнообразные их производные) являются причиной ухудшения качества пищевого сырья и многих липид содержащих продуктов.

Фермент фитаза отщепляет фосфорную кислоту от инозитфосфорной кислоты. Последняя в виде Ca-Mg-соли представляет собой фитин. Оптимум действия фитазы пшеничного зерна находится в области pH 5,8. Фитаза играет большую роль в качестве фактора пищевой ценности хлеба и в биотехнологических процессах.

Инозитфосфорная кислота, образуя нерастворимые соли с кальцием, препятствует его усвоению организмом человека. Фитаза муки (и дрожжей) расщепляет большую часть содержащейся в ней инозитфосфорной кислоты, тем самым способствуя лучшему усвоению кальция.

В результате накопления разнообразных продуктов окисления липидов пищевая ценность прогорклой муки резко снижается и она иногда приобретает токсические свойства. Эти изменения обусловлены также гидролизом фосфорорганических соединений муки с образованием кислых фосфатов; накоплением свободных жирных

кислот вследствие гидролиза липидов липазой муки и микроорганизмов с последующим окислением продуктов гидролиза липоксигеназой.

Липаза при повышенной влажности муки и температуре хранения быстро гидролизует глицериды с образованием свободных жирных кислот, что приводит к повышению кислотности муки и ее быстрому прогорканию. Определенная роль в порче муки принадлежит также липоксигеназе, поскольку пероксиды жирных кислот легко подвергаются дальнейшему распаду с образованием веществ, являющихся причиной ухудшения качества муки, ее прогоркания, - альдегидов, кетонов и других вторичных продуктов, придающих муке неприятный вкус и запах.

В общем виде этот процесс может быть представлен следующей функциональной схемой:

Именно вторичные продукты окисления вызывают появление неприятного привкуса, свойственного прогорклой муке, а входящие в их состав летучие соединения обуславливают ухудшение запаха.

Иногда прогоркание муки зависит от жизнедеятельности микроорганизмов. Кроме того, неприятный запах и вкус продукта обусловлен появлением кетонов, образующихся при окислении отщепленных жирных кислот. Подобного рода кетонное прогоркание наблюдается у жиров, содержащих жирные кислоты с числом углеродных атомов в молекуле от 6 до 12. При кетонном прогоркании, например, из капроновой кислоты $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ образуется метилпропиленкетон $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COCH}_3$.

Образованию кетонов предшествует получение кетокислот, которые затем, отщепляя диоксид углерода (декарбоксилируясь), переходят в кетоны:



Жирная кислота Кетокислота Кетон

Распространенным типом прогоркания является окисление ненасыщенных жирных кислот кислородом воздуха, при этом кислород, присоединяясь по месту двойных связей, образует пероксиды. В результате дальнейшего окисления пероксидов жирных кислот образуются альдегиды, придающие жиру неприятные запах и вкус. Подобного рода окислительное прогоркание липидов и продуктов их гидролиза ускоряется в присутствии влаги, при повышенной температуре и доступе кислорода воздуха. При отсутствии кислорода эти процессы не идут.

Окисление липидов — одна из наиболее важных причин изменения свойств муки при хранении. Витамин Е, особенно а-токоферол, представляет собой антиокислитель липидов. При хранении муки, содержащей антиокислительный комплекс, влияние разрушающего действия компонентов прогоркшего жира уменьшается. Повышение температуры интенсифицирует действие липазы и липоксигеназы, усугубляя процессы окисления липидов. Окисление липидов приводит к глубокому изменению биохимических процессов в компонентах муки.

Продукты окисления липидов разрушают многие витамины (ретинол, витамины группы D, биотин, каротин), увеличивают кислотное число жира, снижают содержание ниацина и тиамина.

В течение первых четырех месяцев хранения содержание липидов в муке под действием микроорганизмов резко уменьшается. Под действием липазы происходит гидролитическое расщепление липидов, а затем образовавшиеся жирные кислоты и глицерин превращаются в сахар.

Влажность муки и продолжительность хранения влияют на изменения свободных, связанных и прочносвязанных липидов. В свободных липидах пшеничной муки с первых дней хранения наблюдаются гидролитические и окислительные процессы. Связанные липиды более стойкие, поэтому в них изменения начинают протекать после 40 дней хранения. Свободные липиды частично переходят в связанные, а связанные — в прочносвязанные. Содержание свободных жирных кислот в муке нарастает. При дли-

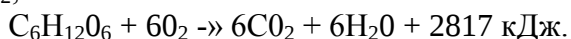
тельном хранении после периода созревания в ней увеличивается доля кислотореагирующих веществ.

Кислотность муки изменяется так же, как и кислотное число жира: сначала быстро увеличивается, а затем под влиянием продуктов распада белков уменьшается.

В пшеничной муке, хранившейся в силосе и подвергавшейся аэрации, заметны химические изменения. Гидролиз жира, вызывающий уменьшение содержания жира и повышение его кислотного числа, зависит от продолжительности аэрирования, удельного расхода и температуры воздуха. Наиболее интенсивно этот процесс происходит в муке второго сорта. Во всех случаях мука становится менее устойчивой к дальнейшему хранению, она быстрее прокисает, плесневеет и прогоркает. При аэрировании муки с отклонениями от оптимальных параметров в течение 6 ч при удельном расходе воздуха $3 \text{ м}^3/\text{т} \cdot \text{ч}$ и температуре $26\text{—}27^\circ\text{C}$ повышается кислотное число, ускоряются прогоркание и порча муки.

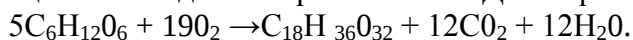
Изменение углеводов

Наряду с аэробной жизнедеятельностью микроорганизмов муки, связанной с поглощением кислорода воздуха и окислением ее моносахаров, происходит выделение CO_2 , влаги и теплоты:



Мощное воздействие на белковые вещества, углеводы и липиды муки оказывают развивающиеся микроорганизмы, в основном плесневые грибы — микромицеты. Некоторые плесневые грибы, например *Aspergillus niger*, при определенных условиях и благодаря каталитическому действию фермента глюкоксидазы практически полностью превращают глюкозу в глюконовую кислоту.

В процессе развития микроорганизмы потребляют сахара муки. При достаточном доступе кислорода из последних образуется стеариновая кислота (для протекания этой реакции необходимо затратить 3953 кДж энергии на 5 г/моль потребляемого сахара):



Глюкоза Стеариновая к-та

Эпифитная микрофлора провоцирует самосогревание муки и ее глубокую порчу. Из-за теплопроводности муки выделяющаяся при дыхании теплота задерживается и температура муки постепенно повышается. Самосогревание муки происходит в результате активной жизнедеятельности населяющей ее микрофлоры при повышенной влажности, оптимальной температуре и достаточном доступе воздуха. Этот процесс обычно сопровождается слеживанием муки в комки, ее плесневением и появлением неприятного затхлого запаха. Процессы самосогревания развиваются при повышенной влажности муки (15,5 % и выше).

Повышение влажности муки и температуры создает условия, благоприятные для развития в муке плесневой и бактериальной микрофлоры, приводящего к интенсификации окислительных

процессов. Наличие воздушных зон между частицами муки способствует развитию мицелия плесневых грибов во всей ее массе.

Плесневение ухудшает вкус муки (он становится кислым), запах (он становится плесненным, затхлым), повышает общую кислотность; интенсивная жизнедеятельность микроорганизмов вызывает ее «прокисание» — в муке появляется специфический кислый вкус и запах.

Прокисание муки — результат размножения молочнокислых бактерий, сбраживающих сахара муки с образованием кислот. *Прогоркание муки* — частично химический процесс окисления жиров муки кислородом воздуха, частично биохимический — результат ферментативного гидролиза жиров липолитическими ферментами некоторых бактерий и плесневых грибов. Этот процесс сопровождается развитием в муке крахмалоразлагающих и кислотообразующих бактерий. Продуктами метаболизма крахмалоразлагающих бактерий при действии на крахмал являются сахара; кислотообразующих бактерий —

органические кислоты, образующиеся из этих сахаров. Содержание крахмала в муке уменьшается вследствие расхода его на развитие крахмалоразлагающих микроорганизмов муки.

При активном развитии процесса плесневения затхлый запах сохраняется в готовом продукте. Поэтому такая мука непригодна к переработке.

Появление кислого запаха обусловлено образующимися летучими органическими кислотами. При просеивании такой муки часть кислот улетучивается и запах становится менее выраженным.

При хранении возможно уплотнение и слеживание муки. Уплотнение муки происходит под действием собственного веса, но это явление не оказывает влияние на ее сыпучесть.

Слеживание муки — уплотнение массы муки, вызванное неблагоприятными условиями ее хранения. В результате слеживания сыпучесть муки резко уменьшается и могут образоваться монолиты. Слеживание муки нежелательно, так как необходимо обеспечить ее разрыхление.

Пищевые микромицеты способны образовывать многочисленные микотоксины, некоторые из них канцерогенны. Наибольшую опасность представляют афлатоксины, обнаруженные в пшенице и продуктах ее переработки — муке, кружке и хлебе.

Афлатоксин В — самый активный канцероген. Афлатоксины концентрируются в периферийных частях зерна, поэтому в муке высшего сорта их содержание минимально. В процессе приготовления теста и выпечки содержание афлатоксинов значительно уменьшается.

Процессы, протекающие при хранении муки пониженной влажности

При хранении муки влажностью до 13,5 % в ней также протекают разнообразные окислительные процессы, которые после завершения периода созревания постепенно ухудшают ее хлебопекарные свойства.

Процессы в сухой муке идут медленно. Несмотря на это кислотность муки также возрастает, но кислого вкуса не ощущается. Образующиеся при гидролизе жиров жирные кислоты не растворяются в воде, а растворяются в органических растворителях. Повышенная температура ускоряет нежелательные процессы в муке.

Мука влажностью до 14,5 %, полученная из нормального зерна, при температуре 15—20 °С может сохранять свое исходное качество без признаков порчи (прогоркание, прокисание) до 8 мес.

Мука, выработанная из партий зерна, подвергавшихся самосогреванию, или с примесью проросших и морозобойных зерен менее стойка в хранении: она начинает портиться в два раза быстрее.

Свободный доступ воздуха ускоряет порчу муки. Мука высоких сортов прогоркает быстрее, хотя и содержит меньше жира, чем обойная. Это обусловлено тем, что в обойной муке присутствует больше зародышевой ткани, содержащей антиокислители.

На складах хлебозаводов (как тарных, так и бестарных) мука хранится не более 15 сут (обычно 7 сут). За это время процессы, вызывающие ухудшение хлебопекарных свойств муки и ее порчу, не успевают развиваться. Несмотря на это необходимо осуществлять контроль за состоянием муки при ее хранении на складах при параметрах воздуха с отклонениями от заданных, особенно при критической влажности муки и повышенной температуре воздуха.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие изменения происходят при хранении пшеничной муки?
2. Как хранят дрожжи?
3. Как меняется химический состав ржаной муки при хранении?
3. Какие процессы протекают при хранении муки пониженной влажности?

Литература

1. Пащук, З.Н. Технология производства хлебобулочных изделий: справочник/ З.Н. Пащук, Т.К. Апет, И.И. Апет. – Спб.: ГИОРД, 2009. – 400 с. **ISBN** 978-5-98879-065-5
2. Матвеева, Т.В., Корякина, С.Я. Технология мучных кондитерских изделий. СПб.: Троицкий мост, 2011. – 408 с. **ISBN** 978-5-904406-16-5

Лекция 4. Черствение хлебобулочных изделий и пути его предотвращения

Хлеб после выхода из печи подают ленточными транспортерами на циркуляционные столы, а затем перекадывают в лотки, устанавливаемые на контейнерах или вагонетках. При укладывании хлеба укладчик или мастер-пекарь проводит отбраковку готовой продукции, не соответствующей требованиям нормативной документации по органолептическим показателям и установленной массе. Бракуются изделия, имеющие неправильную форму, при- тиски, выплывы корки из форм, загрязненную поверхность, подрывы более 1,5—2,0 см и недовес. Отбракованные изделия могут быть переработаны на производстве в мочку, сухарную и хлебную крошку.

Выпеченные изделия до поступления их в торговую сеть хранят в остывочных отделениях хлебозавода. Вместимость остывочных отделений обычно рассчитывают с учетом хранения сменной выработки, а при работе в две смены — с учетом полуторасменной работы. В остывочном отделении проводят учет, сортировку и органолептическую оценку готовых изделий. Перед отпуском продукции в торговую сеть каждую партию изделий подвергают обязательному просмотру.

После выпечки хлеб укладывают на лотки в один ряд для остывания. Для укладки изделий большой массы используют трехбортные лотки с решетчатым дном, а для мелкоштучных булочных и сдобных изделий — четырехбортные со сплошным дном. В настоящее время широко применяют пластмассовые лотки, которые достаточно легкие и хорошо поддаются санитарной обработке.

Формовой хлеб укладывают в лотки в один или два ряда на боковую или нижнюю сторону, в ящики или корзины — в один ряд в вертикальном положении; подовый хлеб, булки, батоны, халы укладывают в лотки в один ряд на нижнюю сторону или ребро с уклоном к боковой стенке, в ящики или корзины — в один ряд в вертикальном положении; мелкоштучные булочные изделия массой до 200 г и сдобные изделия укладывают на лотки в один-два ряда на нижнюю сторону, а изделия с отделкой на верхней корке — в один ряд; национальные изделия (лепешки, армянский и грузинский хлеб) укладывают в один ряд на боковую или нижнюю сторону до остывания, а после остывания — на нижнюю сторону в три—пять рядов; лаваш армянский тонкий хранят в подвешенном состоянии по одной штуке до остывания, а после остывания укладывают на нижнюю сторону в 8—10 рядов.

Лотки с изделиями помещают в передвижные вагонетки или контейнеры закрытого или открытого типа, которые по мере необходимости вручную вывозят на погрузочную площадку. На некоторых предприятиях лотки устанавливают стопками друг на друга по 10—12 рядов в высоту на специальные поддоны высотой 30 см от пола. Стопки перевозят с помощью тележек или электропогрузчиков.

В остывочных отделениях и экспедициях некоторых хлебопекарных предприятий Москвы, Санкт-Петербурга и других городов процесс передвижения контейнеров и их загрузка в автомашины, а также выгрузка механизированы. В состав комплексно-механизированной линии хранения и транспортирования хлеба по схеме УкрНИИпродмаша входит следующее оборудование: унифицированные лотки, контейнеры, транспортные устройства для подачи хлеба к хлебоукладывающим агрегатам с механизмами ориентирования хлеба; агрегаты для укладки хлеба (формового, подового круглого, батонов и городских булок), транспортные устройства хлебохранилища и экспедиции; оборудование для комплектации отгрузочных партий контейнеров и для павтохлебовозы и выгрузки пустых контейнеров на хлебозаводе; механизмы ориентирования автохлебовозов и стыковки их с транспортными устройствами экспедиции; пульт диспетчера для комплектации контейнеров и учета продукции, агрегат для санитарной обработки лотков, оборудование для ручной укладки хлеба в аварийных случаях.

Наиболее распространен контейнерный способ хранения и перевозки хлеба, при котором контейнеры (ХКJI-18) загружают в автомашину и выгружают с помощью

специальных подъемников. В магазинах торговлю хлебом осуществляют прямо из контейнеров.

Установлены сроки хранения хлебобулочных изделий на предприятии, которые исчисляются с момента выхода изделий из печи до момента доставки их в магазин.

Максимально допустимые сроки хранения и реализации хлебобулочных изделий на предприятии

Максимально допустимые сроки хранения на предприятии, ч

Хлеб из муки:

пшеничной обойной 14

ржаной и пшеничной разных сортов 14

ржаной обойной 14

ржаной обдирной 14

ржаной сеяной 10

Булочные изделия массой более 200 г из сортовой 10

пшеничной муки

Мелкоштучные изделия массой 200 г и менее (включая бублики) 6

Упакованные изделия из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки 36

Упакованные изделия из пшеничной муки со сроком хранения:

3 сут 24

7 сут 36

Хлеб, хранившийся на предприятии или в магазине свыше установленных сроков, подлежит переработке в хлебную мочку или крошку. Сроки хранения упакованных изделий на предприятии исчисляются с момента упаковывания.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие сроки хранения и реализации предусмотрены для хлебобулочных изделий?

2. Какие распространённые способы хранения и перевозки хлеба?

Литература

1. Пащук, З.Н. Технология производства хлебобулочных изделий: справочник/ З.Н. Пащук, Т.К. Апет, И.И. Апет. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 400 с. **ISBN** 978-5-98879-065-5

2. Матвеева, Т.В., Корякина, С.Я. Технология мучных кондитерских изделий. СПб.: Троицкий мост, 2011. – 408 с. **ISBN** 978-5-904406-16-5

Лекция 5. Процессы, протекающие в хлебе после выпечки(4 часа)

Выпеченный хлеб при хранении остывает и масса его уменьшается за счет усушки (испарение влаги с поверхности корки в окружающую среду) и черствения. Эти два процесса протекают самостоятельно, но в определенной зависимости друг от друга. Мякиш хлеба, потерявший определенное количество влаги, частично теряет свою мягкость.

Усушка (%):

$$m_{yc} 100(m_{гх} / m_{хх}) / T_{гх},$$

где $m_{гх}$ — масса горячего хлеба, кг; $m_{хх}$ — масса холодного хлеба, кг.

Влажность корки после выпечки практически равна нулю, через 3—4 ч корка увлажняется до 14—16%. В первые 30—60 мин хранения хлеба после выпечки влажность слоев мякиша, прилегающих к корке, заметно снижается вследствие миграции влаги в обезвоженную корку. При дальнейшем остывании и хранении хлеба слой мякиша, смежный с коркой, теряет влагу значительно быстрее, чем центральная часть мякиша.

В процессе хранения хлеб остывает до температуры помещения, где хранится, за 2—6 ч в зависимости от массы, формы и условий хранения. Корка хлеба остывает сравнительно быстро, мякиш медленно. Поэтому в неостывшем хлебе разница между температурой корки и мякиша значительная. Вследствие этого происходит перемещение влаги от мякиша к корке.

Процесс усушки состоит из двух периодов. Первый период остывания горячего хлеба является периодом переменной скорости усыхания, который протекает интенсивно с затухающей скоростью.

Основным фактором интенсивного усыхания остывающего хлеба является температурный градиент (разница температур) между коркой и мякишем. По мере остывания скорость усыхания хлеба снижается и, начиная с определенного периода, становится практически постоянной.

Второй период усушки хлеба характеризуется концентрационным перемещением влаги от мякиша к корке. Усушка за период остывания составляет 2—4 % от массы хлеба после выпечки и зависит от температуры, влажности, удельной поверхности хлеба и параметров воздуха в хлебохранилище.

Чем ниже температура воздуха помещения, в котором находится хлеб, тем он скорее остынет до температуры окружающей среды и тем короче будет первый период усыхания хлеба. Низкая температура воздуха замедляет усыхание хлеба и во втором периоде — в периоде постоянной скорости этого процесса.

В первом периоде усыхания влияние относительной влажности воздуха на интенсивность усыхания невелико. Во втором периоде усыхания, когда температура хлеба не превышает температуру окружающей среды, влияние относительной влажности воздуха на интенсивность усыхания значительно возрастает.

Скорость движения воздуха влияет на усыхание хлеба. При скорости 0,3—0,5 м/с ускоряется охлаждение хлеба, сокращается длительность первого периода усыхания, поэтому в первый период остывания хлеб рекомендуется хранить в специальных устройствах (охладителях, кулерах). Благодаря этому усушка снижается на 0,5–0,9 %.

Чем выше влажность хлеба, тем больше, при прочих равных условиях, его усушка. Так, например, увеличение влажности мякиша ржаного хлеба из обойной муки на 2 % вызывает увеличение усыхания хлеба: за 4 ч — на 0,26—0,42 %, а за 7 ч — на 0,42—0,50 %.

Между упекот и усушкой хлеба существует обратная зависимость: чем больше упек, тем меньше усушка, и наоборот.

Хлеб с высокой влажностью, тонкими корками и значительной удельной поверхностью усыхает при прочих равных условиях более интенсивно. Чем ниже влажность и выше температура воздуха в хлебохранилище, тем интенсивнее происходит усушка.

Для снижения усушки изделия следует быстро охладить и хранить в закрытых камерах при повышенной влажности воздуха или в закрытых контейнерах, или закрытых пластмассовыми чехлами вагонетках. Все эти меры не только снижают усушку, но и замедляют черствение продукции. Значительно снижает усушку упаковывание изделий в полимерную пленку.

5.1. Процессы, протекающие в хлебе при черствении

При хранении хлеба ухудшаются его потребительские и вкусовые свойства: корка теряет блеск и хрупкость, слои мякиша, находящиеся под коркой, становятся сухими и жесткими, в результате чего повышается твердость изделий и их влажность приближается к равновесной.

Изменение качества хлеба при хранении (черствение и усыхание) — результат сложных физико-химических, коллоидных и биохимических процессов, протекающих в углеводах и белках

Признаки черствения появляются примерно через 10—12 ч хранения хлеба при температуре 15—25 °С. Мякиш теряет эластичность, становится жестким и крошащимся, ухудшаются вкус и аромат, свойственные свежеспекечному хлебу. Хрупкая после выпечки корка превращается в мягкую, эластичную.

Черствение хлеба вызвано в основном изменениями, происходящими в углеводах и белках при его хранении. Клейстеризованный в процессе выпечки крахмал с течением времени выделяет поглощенную им влагу и переходит в кристаллическое состояние. Крахмальные зерна при этом уплотняются и значительно уменьшаются в объеме, между ними образуются воздушные прослойки. Черствеющий мякиш становится крошковатым. Свободная влага, выделенная крахмалом, при черствении хлеба впитывается белками и частично испаряется (усушка), а также остается в образовавшихся воздушных прослойках.

Черствение хлебобулочных изделий зависит от многочисленных факторов: вида и сорта муки, рецептуры и технологического режима приготовления, условий хранения. Крахмал ржаной муки, клейстеризуясь, впитывает значительное количество влаги. В ржаной муке содержится много водорастворимых пентозанов (слизей), замедляющих черствение. Присутствие органических и минеральных кислот, например угольной, а также соединений, обеспечивающих кислотность 7—13 град (ГОСТ 28807—90), также тормозит процесс черствения. Пшеничный хлеб черствеет быстрее, чем ржаной.

Отдельные виды дополнительного сырья при введении их в тесто способны замедлить процесс черствения готовых изделий. К такому сырью относятся различные белковые продукты (творог, отмытая клейковина, яичные продукты и др.), патока, модифицированный окисленный крахмал, мучная заварка и жиры.

Жиры «маскируют» процесс черствения, т. е. не замедляя процесс старения крахмального клейстера, делают его менее заметным.

Внесение поверхностно-активных веществ снижает содержание влаги, осмотически связанной с крахмалом. Это явление объясняется образованием комплекса из крахмала и поверхностно-активных веществ, что препятствует проникновению воды в микронеплотности крахмальных зерен. В результате разрушается структура гидратированных глюкозидных цепей крахмала при хранении хлеба и процесс черствения хлеба замедляется.

Изменений содержания осмотически связанной белком воды при добавлении поверхностно-активных веществ практически не происходит.

Гидрофобизация муки в процессе приготовления теста позволяет снизить содержание осмотически связанной влаги и влаги в микронеплотностях крахмала, потеря которой при хранении хлебцев из крахмала в течение 24 ч составляет около 27 %, а следовательно, и замедлить процесс черствения хлеба. Изменение состояния влаги в наибольшей степени происходит в крахмале, играющем, как показано многими исследователями, значительную роль в черствении хлеба.

Процесс черствения хлеба можно представить как кристаллизацию высокополимеров мякиша, чем и объясняются изменения его физико-химических и гидрофильных свойств.

Снижение мягкости мякиша хлеба сравнивали с увеличением плотности полимера при переходе из аморфного состояния в кристаллическое. Изменение гидрофильных свойств мякиша при черствении объясняется упорядочением и уплотнением его структуры, в результате чего уменьшается внутренняя энергия системы, расходуемая частично на кристаллизацию. Уменьшение способности водорастворимых веществ мякиша переходить в водный раствор объясняется уплотнением структуры высокополимерных компонентов хлеба.

Процесс черствения хлеба по аналогии с кристаллизацией высокомолекулярных систем при охлаждении можно представить при различных температурах его хранения. Скорость процесса кристаллизации проходит через максимум, а затем понижается до нуля, т. е. до температуры, при которой снижается подвижность молекул и кристаллизации не происходит.

На черствение хлеба влияют многие технологические факторы. Интенсивный замес опары и теста замедляет черствение изделий, так же действует и длительный процесс брожения полуфабрикатов, более длительные (в пределах возможного) расстойка и выпечка. Изделия, выпеченные при оптимальном паровом режиме, с плотной и гладкой коркой черствеют медленнее.

Наиболее существенно влияют на процесс черствения хлеба условия его хранения. Для того чтобы сохранить свежесть изделий в течение длительного срока, их следует хранить при повышенной температуре и влажности воздуха, замораживать и упаковывать. Установлено, что наиболее быстро черствеют изделия, хранившиеся в интервале температур от -7 до $+20$ °C.

Хлеб, который хранился при температуре, близкой к 60 °C, или в замороженном состоянии, практически не черствел. Замедление черствения хлеба при 60 °C и выше объясняется неустойчивостью кристаллической фазы при высокой температуре, что препятствует переходу крахмала мякиша в кристаллическое состояние. Однако хранить хлеб при 60 °C и выше невозможно, так как при таких температурах хлеб усыхает в результате усиленного испарения влаги и, кроме того, возможна его микробиологическая порча.

Уменьшение степени черствения хлеба в замороженном состоянии происходит из-за понижения кинетической подвижности молекулярных цепочек и цепочек крахмала. При хранении хлеба в пределах температур от $+50$ до -7 °C, включая и комнатную, он черствеет.

На многих хлебозаводах хлеб хранят в герметичных камерах из полиэтилена с двойным покрытием, где поддерживаются температура $27-30$ °C и относительная влажность воздуха $80-85$ %. Перед поступлением в камеру продукцию охлаждают до 40 °C.

Изделия желательно хранить в камерах с кондиционированием воздуха; при этом отпадает необходимость в предварительном охлаждении хлеба. В камере хлеб охлаждают при температуре $18-24$ °C, после чего в ней устанавливают постоянные параметры воздуха: $27-30$ °C и относительную влажность $80-85$ %. При удлинении срока хранения хлеба в герметичных камерах на $4-6$ ч усушка снижается на $0,2$ %. Хранение хлеба в закрытых контейнерах или на вагонетках с полиэтиленовыми чехлами аналогично хранению в герметичных камерах.

На некоторых хлебозаводах для сохранения свежести мелкоштучных и сдобных изделий их замораживают. Мелкоштучные изделия после охлаждения замораживают при температуре от -25 до -30 °C в течение $2-3$ ч, а затем хранят при температуре -18 °C до 20 сут. Перед реализацией изделия размораживают в камере с теплым воздухом (50 °C) или в специальной печи до температуры мякиша 20 °C. Замораживание изделий —

наиболее эффективный, но сравнительно дорогой и сложный способ сохранения свежести продукции.

В настоящее время широко применяют упаковывание хлебобулочных изделий в различные виды упаковочных материалов (целлофан, полиэтиленовую, полипропиленовую и термоусадочную пленки и др.). Все упаковочные материалы должны отвечать определенным требованиям: быть безопасными, не вступать во взаимодействие с веществами хлеба, обеспечивать герметичность. Перед упаковыванием выпеченные изделия охлаждают, а затем упаковывают в пленку (при использовании термоусадочной пленки изделия упаковывают без охлаждения). Упаковывание не только задерживает черствение изделий на 4—5 сут, но и позволяет хранить и транспортировать их с соблюдением санитарных норм.

Изменение крахмала при черствении хлеба. В процессе черствения хлеба крахмалу отводится ведущая роль. Крахмал представляет собой высокомолекулярный полисахарид, зерна которого, как показали рентгенографические исследования, имеют кристаллическую структуру. При выпечке крахмальные зерна набухают и частично клейстеризуются с поглощением влаги, выделяемой коагулируемыми белками. Крахмал при этом переходит из кристаллического состояния в аморфное. При хранении хлеба происходит обратный переход крахмала в кристаллическое состояние. Это впервые установил в 1902 г. Л. Линде, который доказал, что при хранении хлеба растворимость крахмала мякиша снижается. Он ввел понятие о ретроградации крахмала. В соответствии с определением Л. Линде *ретроградация крахмала* — это его переход из аморфного состояния в кристаллическое при старении.

При исследовании крахмала, прогреваемого при различной влажности, установлено, что в пшеничном хлебе из-за недостатка воды до состояния разрыва оболочек клейстеризуется только 5—10 % крахмала.

На скорость ретроградации крахмала хлеба также влияет степень изменения водородных связей гидроксильных групп амилозной и амилопектиновой фракций крахмала, способность его к гидратации, а также температура хранения хлеба. Установлено, что две макромолекулы крахмала, имеющие по три полярные группы —ОН, образуют между собой водородные связи, в результате чего возникают ассоциаты. Продолжительность существования ассоциатов зависит от внешних условий.

Черствение хлеба, по мнению некоторых исследователей, можно представить как самопроизвольную кристаллизацию высокополимеров при охлаждении. Скорость кристаллизации зависит от двух процессов: образования ядер и дальнейшего их роста.

Процесс кристаллизации прекращается при высоких температурах вследствие термодинамической неустойчивости кристаллической фазы и при низких температурах, так как повышается вязкость жидкости, а также теряется кинетическая подвижность высокополимеров, поэтому скорость кристаллизации зависит от температуры. Кристаллизация высокополимеров — экзотермический процесс, который может идти в обратном направлении.

Способность высокополимеров к кристаллизации и рекристаллизации была использована для изучения процесса черствения хлеба путем проведения дифференциального термического анализа хлеба в процессе его хранения при различных температурах: —1; +10; +21; +32 и +43 °С.

Скорость изменения крахмала при —1 и +10 °С практически одинакова, но при +21 °С она выше, чем при +32 °С, т. е. при повышении температуры хранения скорость старения крахмала ниже, так же как и при хранении хлеба. Одновременно было отмечено, что при хранении хлеба при повышенных температурах кристаллизация крахмала протекает не столь интенсивно, как при низких температурах.

Изменение белковых веществ при черствении хлеба. Наличие белка в пшеничной муке оказывает существенное влияние на качество хлеба и сохранение его свежести.

Добавление в тесто сухой сублимированной клейковины в количестве 5 % к массе муки увеличивает объем изделий и сжимаемость мякиша, в результате чего он становится более эластичным и приобретает мелкую равномерную структуру. Через 3, 24 и 48 ч хранения хлеб с добавлением клейковины характеризуется как более свежий.

При повышении содержания белковых веществ в хлебе черствение его при хранении замедляется. Мягкость мякиша при этом не зависит прямо от содержания белка в хлебе.

При определении константы времени для хлеба с разным содержанием белка было установлено, что скорость черствения его обратно пропорциональна содержанию белка в муке.

В процессе черствения хлеба происходят изменения в белковой фракции мякиша, что приводит к уплотнению структуры и снижению гидратационной способности. Мякиш хлеба имеет губчатую структуру, основу которой составляют коагулированные белковые вещества. В них вкраплены крахмальные зерна, поэтому в процессе черствения хлеба изменяются физические свойства белковых веществ. Но эти изменения происходят в 4—6 раз медленнее старения крахмала, массовая доля которого в муке в 5—7 раз больше массовой доли белка.

Изменение вкуса и аромата хлеба. При черствении хлеба его вкус и аромат теряются, что связано с протекающими в нем биохимическими и другими процессами.

Ароматические вещества улетучиваются из корки хлеба в окружающую среду. Отдельные компоненты диффундируют из корки в мякиш. Ароматические вещества могут адсорбироваться на крахмале и белке, т. е. переходить в связанное состояние.

Ухудшение аромата при увеличении длительности хранения хлеба может происходить также вследствие окисления альдегидов на воздухе.

Изменение аромата хлебобулочных изделий в процессе хранения зависит также от их сорта и условий хранения.

Теоретические аспекты процесса черствения хлеба. Приведенные выше данные показывают, что существенную роль в черствении хлеба играет кристаллизация крахмала и изменение белковых веществ.

Но существуют и другие объяснения процесса черствения хлеба.

М. И. Княгиничев рассматривает процесс черствения хлеба как изменение форм влаги (связанной и свободной) при выпечке и хранении хлеба. Это обусловлено образованием микро- и макрополостей при выпечке хлеба. Он считает, что при выпечке хлеба усиливается диффузия воды в межмолекулярные пространства крахмала и белка; отдельные звенья молекул (глюкозные и аминокислотные остатки) приходят в движение, молекулы становятся гибкими, при этом образуются микро- и макрополости (рис. 11.1).

При повышении температуры в хлебопекарной печи происходит коагуляция белков, образующих каркас, который закрепляет пористую структуру хлеба.

Стенки пор, состоящие из крахмала и белков, представляют собой набухшую систему, в которой одна часть молекул воды термодинамически связана, другая распределена в межмолекулярных пространствах денатурированного белка и набухшего, частично клейстеризованного крахмала. Эта система рассматривается как набухший, бесструктурный эластичный студень. В процессе остывания и последующего хранения хлеба благодаря гибкости звеньев крахмала происходит сближение цепей и под действием межмолекулярных вандерваальсовых сил образуется механически прочная сетка. Образование сетки повышает механическую прочность структуры, что связано с черствением хлеба. Было высказано мнение, что вода в образовавшихся микронеплотностях является не свободной, а упорядоченной благодаря высокой полярности ее молекул и электростатическим силам поверхности микронеплотностей, стенки которых образованы молекулами крахмала и белка. В результате образуется единая структурная система молекул воды, крахмала и белка. При освежении хлеба нагреванием структура воды в микронеплотностях мякиша разрушается и цепи высокополимеров могут перейти в состояние, свойственное свежее-выпеченному хлебу.

А. Г. Кульман процесс черствения хлеба связывает с изменением состояния геля амилозы и амилопектина. Он считает, что хлеб как вынужденно образующаяся лиофильная система находится в термодинамически неустойчивом состоянии. При хранении хлеба в нем протекают процессы, приближающие систему к равновесному состоянию, в результате чего хлеб черствеет.

Согласно этой теории свежесвеженный хлеб представляет собой лиофильный, сильно гидратированный весьма лабильный гель. Остывание хлеба сопровождается агрегационным процессом, в результате которого образуется внутренняя структура, характерная для геля.

Процесс черствения хлеба обусловлен изменением геля амилозы и амилопектина. Гель амилозы находится в неустойчивом равновесии:

Структурированный гель амилозы

Истинный (молекулярный) раствор амилозы

При повышении температуры (выпечке) хлеба это равновесие смещается вправо, при охлаждении — влево, что связано с процессом черствения хлеба.

Роль амилопектинового геля связана с разветвленной структурой частиц амилопектина, способствующей протеканию процесса синерезиса и приводящей к упрочнению мицеллярной структуры крахмала. Агрегация амилозы и амилопектина снижает осмотическое набухание крахмала.

Т. И. Шох рассматривает процесс черствения хлеба как обратимую агрегацию амилопектина. Старение (черствение) объясняется физическими изменениями разветвленных молекул амилопектина в разбухших зернах крахмала (рис. 11.2). В процессе выпечки зерна крахмала набухают ограниченно из-за недостатка воды. При этом часть молекул амилозы переходит из зерен крахмала в окружающую водную среду, образуя в ней относительно концентрированный раствор, поэтому в свежесвеженном хлебе зерна набухшего крахмала находятся в плотном геле, образованном амилозой.

При хранении хлеба гели амилозы и амилопектина упрочняются, сжимаются, так как число и прочность контактов между частицами во времени нарастает. В этих концентрированных системах молекулы амилопектина также имеют тенденцию к ассоциации, ведущей к повышению жесткости всей системы. Нагревание черствого хлеба до 50—60 °С приводит к дезагрегации амилопектина и возвращению исходных свойств мякиша.

Для выявления роли амилопектина в процессе черствения хлеба его добавляли к муке. Установлено, что процесс черствения хлеба при этом ускоряется.

Нельзя исключить также роль амилозы в процессе черствения хлеба. В процессе хранения хлеба снижается растворимость амилозы крахмала мякиша.

В исследованиях по применению ПАВ и жиров для замедления черствения хлеба было установлено, что они образуют комплексы с амилозой, препятствующие переходу амилозы из крахмальных зерен наружу и задерживающие образование прочного студня.

С. Эрландер связывает процесс черствения хлеба с агрегацией амилозы и амилопектина. Он считает, что замедлению черствения хлеба способствует образование комплексов между крахмальными полисахаридами и липидами или белковыми веществами. При этом указывается на возможность возникновения водородных связей между аминокетонами белка и гидроксильными группами крахмальных полисахаридов. Гидроксильные группы спиртов, образующиеся в процессе созревания теста, создают комплексы с амилозой и амилопектином, замедляющие процесс черствения хлеба. Замедление старения упакованного хлеба объясняется уменьшением степени улетучивания спиртов.

В. Сибенвирт объясняет процесс черствения хлеба действием межмолекулярных сил, среди которых большое значение имеют водородные связи. Из межмолекулярных сил водородные связи характеризуются более высоким значением энергии, чем вандерваальсовы силы и силы связи между диполями. При черствении хлеба водородные связи

образуются в амилозе и амилопектине. При старении крахмала образование водородных связей снижает растворимость амилозы, что приводит к упрочнению структуры мякиша хлеба. Автор отводит амилозе решающую роль в процессе черствения хлеба. Амилопектин с помощью водородных связей образует сетчатую структуру (рис. 11.3).

В результате образования сетчатых структур возникают прочные и упругие связи. Ограничение процесса образования сетчатых структур способствует сохранению свежести мякиша в течение длительного времени.

Наличие воды в системе способствует образованию сетчатых структур из-за возникновения водородных связей. Опытным путем установлено, что замена воды неполярным растворителем позволяет сохранить структуру мякиша, так как это препятствует образованию водородных связей.

Вследствие ассоциации молекул и образования поперечных связей происходит упорядочение молекул, что приводит к образованию кристаллических структур.

При старении хлеба происходит дегидратация амилозы и амилопектина. Для снижения дегидратации следует применять эмульгаторы, которые должны препятствовать или замедлять выделение воды из разбухших зерен крахмала и препятствовать образованию межмолекулярных водородных связей путем обволакивания молекул крахмала. Крахмал играет ведущую роль в черствении хлеба.

Хлеб после выпечки можно представить в виде единой структурной системы, состоящей из молекул крахмала, белка и воды, которая в процессе хранения изменяется.

Изложенные выше данные показывают, что черствение хлеба — сложный процесс, для понимания которого требуются дальнейшие углубленные исследования.

На основе анализа данных о механизме черствения хлеба можно сделать вывод, что для замедления этого процесса при хранении хлеба необходимо применять методы и приемы, сдерживающие изменения в крахмале и белковых веществах и уменьшающие потерю воды.

Замедлению процесса черствения хлеба способствует внесение в тесто веществ, образующих комплексы с крахмалом и препятствующих структурообразованию (студнеобразованию крахмальных зерен в присутствии воды); замораживание хлеба в связи с потерей кинетической подвижности его составных частей и ряд других мер, направленных на уменьшение изменений в хлебе при его хранении.

5.2. Санитарные требования, предъявляемые к остывочному отделению экспедиции

К помещению для хранения хлебобулочных изделий предъявляют жесткие санитарные требования, так как готовые изделия перед употреблением никакой тепловой обработке не подвергаются.

К помещениям, где хранится хлеб, предъявляют следующие требования. Они должны быть:

- чистые, сухие, побеленные или окрашенные в светлые тона или облицованные керамической плиткой; хорошо вентилируемые; не зараженные вредителями хлебных запасов; без плесени на стенах и потолках;

- изолированные от источников нагрева или охлаждения;

- обеспечены возможностью поддержания равномерной температуры не ниже +6 °C;

- хорошо освещены.

Остывочные отделения должны быть оборудованы контейнерами открытого или закрытого типа, передвижными этажерками, стационарными полками-стеллажами или лотками.

Хлебобулочные изделия, уложенные на полки-стеллажи, не должны соприкасаться со стенками помещения.

Полки-стеллажи, лотки и ящики должны изготавливаться из материалов, разрешенных для контакта с горячей продукцией (дерево, металл, полимерные материалы с покрытием

или без покрытия). Кроме того, они должны иметь такую конструкцию и размеры, чтобы готовая продукция не деформировалась.

По мере загрязнения лотки моют в моечных машинах различных конструкций, используя моющие средства, разрешенные для применения на пищевых предприятиях, а затем споласкивают теплой водой и сушат горячим воздухом.

Остывочное отделение и экспедицию по мере необходимости ремонтируют, включая побелку или окраску стен, потолков, оборудования.

Кроме того, не реже одного раза в год в этих помещениях следует проводить дезинфекцию и систематически дератизацию.

При обнаружении зараженности хлеба картофельной болезнью необходимо немедленно удалить зараженный хлеб и произвести дезинфекцию помещения, где он хранился, а инвентарь и оборудование подвергнуть тщательной механической очистке с последующей дезинфекцией.

Хлебобулочные изделия нельзя хранить вместе с продуктами, издающими сильный посторонний запах.

Для поглощения избытка влаги зимой и избытка теплоты летом в экспедициях следует устанавливать приточно-вытяжную вентиляцию с трехкратным обменом воздуха за 1 ч.

Рекомендации по увеличению сроков сохранения свежести хлебобулочных изделий

Для продления срока свежести хлебобулочных изделий в их рецептуру следует вводить жировые добавки, применять усиленную обработку теста, соблюдать оптимальные режимы расстойки и выпечки. В процессе выпечки пшеничных изделий в первой зоне пекарной камеры необходимо соблюдать технологические параметры (относительная влажность 80—85 %, температура 110—120 °С) и увлажнять тестовые заготовки паром. Увлажнение тестовых заготовок способствует образованию глянцевого тонкой корочки, паропроницаемость которой наименьшая. В результате в процессе выпечки и остывания задерживается удаление летучих веществ. И как следствие, изделия медленнее черствеют, лучше сохраняют аромат и физические свойства прикорковых слоев мякиша.

Добавление амилалитических и глюкоамилазных ферментных препаратов усиливает накопление в хлебе сахаров, продуктов гидролиза белков, ароматических веществ, что улучшает вкус и аромат хлеба.

Поверхностно-активные вещества — жиры в количестве 2 % и более, фосфатидные концентраты (0,5—1,0 %), эмульгаторы (0,1—0,25 % к массе муки) улучшают структуру и эластичность мякиша. Эти добавки особенно эффективны при переработке дефектной муки.

ГосНИИХП разработал рекомендации, способствующие увеличению сроков сохранения свежести хлеба:

переработка муки с более высоким содержанием белка и сильной эластичной клейковиной. Добавление белка делает структуру хлеба более прочной, при этом усиливаются гидратационные связи, способствующие уменьшению потери влаги в процессе хранения хлеба;

внесение при выработке хлеба из пшеничной муки ржаной муки соответствующих помолов в количестве 10—20 %;

добавление сахара, глюкозной или мальтозной патоки и неферментированного солода.

Применение выше упомянутых ингредиентов способствует повышению гидрофильных свойств мякиша хлеба.

На новых или реконструируемых предприятиях целесообразно создавать специальные механизированные отделения, обеспечивающие быстрое охлаждение хлеба и удаление образующейся влаги (в I период) и поддержание оптимальных параметров температуры и относительной влажности воздуха (во II период).

Наиболее эффективный способ сохранения свежести хлебобулочных изделий с целью увеличения срока их реализации — это упаковывание.

Перед упаковыванием хлебобулочные изделия выдерживают с целью охлаждения. К изделиям, подлежащим упаковыванию, предъявляют следующие требования. Для изделий из ржаной и ржано-пшеничной муки массой 0,7—1 кг оптимальный срок выдержки перед упаковыванием для формового хлеба составляет 90—120 мин, для подовых изделий — 80—100 мин; для булочных изделий массой 0,3—0,5 кг — 60—70 мин.

Охлаждение мелкоштучных булочных и сдобных изделий требует особого подхода. Из-за небольшой массы (0,05—0,2 кг) они остывают довольно быстро — в течение 25—40 мин после выхода из печи, поэтому не всегда можно организовать упаковывание этих изделий в оптимальные сроки. В связи с этим для охлаждения и выдержки мелкоштучных булочных и сдобных изделий перед упаковыванием целесообразно использовать специальные небольшие камеры или покрывать лотки с изделиями полимерной пленкой.

На участке упаковывания для уменьшения обсемененности воздуха плесневыми грибами целесообразно устанавливать бактерицидные лампы или бактерицидный потолочный облучатель типа ОБП-300, или другой облучатель аналогичной конструкции. Облучение следует проводить каждые сутки в течение 1—2 ч при отсутствии людей в помещении.

Конкретные рекомендации по производству упакованных хлебобулочных изделий изложены в специальных технологических инструкциях, разработанных ГосНИИХПом на основе опыта работы хлебопекарных предприятий Москвы.

Для упаковывания хлебобулочных изделий применяют различные виды упаковочных материалов: бумагу и бумагу, дублированную полиэтиленом или другими материалами, целлофановую, полиэтиленовую и полипропиленовую пленки, комбинированные пленочные материалы на основе полиэтилена, пропилена, целлофана и полиамида. Все упаковочные материалы, используемые для упаковывания хлебобулочных изделий, должны быть разрешены органами Санэпиднадзора РФ. Кроме того, они должны быть безвредными, не реагировать с веществами хлеба, быть непроницаемыми для паров и газов.

Допускается упаковывать хлебобулочные изделия, нарезанные на ломти на специальных машинах.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие требования предъявляются к охлаждению сдобных и мелкоштучных изделий?
2. Какие возможны приёмы для удлинения сохранения свежести хлебобулочных изделий?

Литература

1. Пашенко, Л.П., Жаркова, И.М. Технология хлебобулочных изделий. — М.: КолосС, 2008. — 389 с.
2. Матвеева, Т.В., Корячкина, С.Я. Технология мучных кондитерских изделий. СПб.: Троицкий мост, 2011. — 408 с. ISBN 978-5-904406-16-5

Лекция 6. Хранение макаронных изделий и причины порчи их во время хранения.

6.1. Упаковка, упаковочные материалы макаронных изделий Готовые макаронные изделия либо фасуют, либо упаковывают насыпью.

Фасование изделий, т. е. упаковывание в мелкую (потребительскую) тару, производится на фасовочных автоматах, полуавтоматах или вручную.

При ручном фасовании используют торговые (настольные) весы. Ручное фасование требует большого числа упаковщиц: один человек в смену фасует 250...400 кг изделий.

Макаронные изделия массой нетто не более 1 кг фасуют в пачки или красочно оформленные коробки из картона (по ГОСТ 7933), или пакеты из бумаги (по ГОСТ 7247), целлофана (по ГОСТ 7730), полиэтилена (по ГОСТ 10354) или из других упаковочных материалов и пленок, разрешенных Министерством здравоохранения для этих целей.

Допускаемые отклонения в меньшую сторону в массе нетто макаронных изделий не должны превышать 2,0 % упаковочной единицы. Отклонения по верхнему пределу не ограничиваются.

На потребительской таре указывают товарный знак, наименование предприятия-изготовителя, его местонахождение, наименование продукции, ее группу и класс, массу нетто (при стандартной влажности), правила варки и способ приготовления, дату выработки, срок хранения, обозначение стандарта (ГОСТ 875), информационные сведения об энергетической ценности, содержании белка, жира и углеводов в 100 г изделий.

Расфасованные в потребительскую тару изделия и весовые изделия (насыпь) должны быть упакованы в транспортную тару вместимостью не более 30 кг: ящики деревянные (по ГОСТ 11354), ящики дощатые (по ГОСТ 13360), фанерные (по ГОСТ 10131), из гофрированного картона (по ГОСТ 13511), ящики из плетеного шпона и из литого картона.

Перед упаковыванием ящики и короба выстилают внутри чистой оберточной бумагой, верхние края которой загибают внутрь так, чтобы концы их перекрывали друг друга. Фасованные изделия допускается упаковывать во все виды ящиков, не застилая их бумагой, а весовые изделия - только в новые ящики из гофрированного или литого картона. Зазоры между изделиями и стенками ящиков заполняют чистой мятой бумагой. При укладке макарон, высушенных в кассетах, между их торцами прокладывают вертикальные прослойки бумаги.

В некоторых случаях, когда макаронные изделия предназначены для реализации в близлежащих районах или при транспортировании их на расстояние не более 500 км, они могут быть упакованы в четырехслойные бумажные мешки (по ГОСТ 2226).

Однако в такую тару нельзя упаковывать длинные изделия, а масса единицы упаковки не должна превышать 20 кг.

Допускаемые отклонения в меньшую сторону в массе нетто макаронных изделий (при стандартной влажности) не должны превышать 0,5 % массы весовой упаковочной единицы. Отклонения по верхнему пределу не ограничиваются.

Фасованные макаронные изделия разрешается упаковывать в тару-оборудование (по ГОСТ 24831).

На каждую единицу транспортной тары наносят маркировку, характеризующую продукцию: товарный знак и наименование предприятия-изготовителя, наименование макаронных изделий, их группу и класс, дату выработки, массу нетто (при стандартной влажности), массу тары (для весовых изделий), срок хранения, обозначение стандарта, а также надписи «Хрупкое. Осторожно», «Беречь от влаги».

В упаковочной единице должны быть макаронные изделия одного типа и вида.

Макаронные изделия, предназначенные для перевозки водным или смешанным железнодорожно-водным транспортом, должны упаковываться только в дощатые или фанерные ящики.

Ящики и другие упаковочные материалы должны быть прочными, чистыми, сухими, не зараженными вредителями хлебных запасов, без постороннего запаха.

Во избежание увлажнения и порчи упаковываемой продукции максимальная влажность тары (%) не должна превышать следующих значений:

Ящики тесовые 18

Ящики фанерные:

планки 20

фанера 15

Ящики картонные 12

6.2. Хранение макаронной продукции и причины её порчи

Ящики, короба и мешки с упакованной макаронной продукцией следует хранить в складских помещениях на стеллажах или поддонах. Эти помещения должны быть чистыми, сухими, хорошо проветриваемыми, не зараженными амбарными вредителями, защищенными от воздействия атмосферных осадков, с относительной влажностью воздуха не более 70 % и температурой не выше 30 °С. Нельзя хранить изделия вместе с товарами, имеющими специфический запах, так как макаронная продукция впитывает этот запах.

Макаронные изделия не боятся низких температур, поэтому их можно хранить в сухих неотапливаемых помещениях.

Продукцию, упакованную в ящики из картона, укладывают по высоте не более чем в 7 рядов, а упакованную в бумажные мешки - не более чем в 6 рядов.

Гарантийный срок хранения макаронных изделий, приготовленных без добавок, один год со дня выработки.

Наиболее частая причина порчи изделий - плесневение в результате повышения влажности. Макаронные изделия гигроскопичны, попадая во влажную среду, они впитывают влагу. Опасность плесневения возникает при повышении влажности изделий до 16 %. Кроме того, попадая во влажную среду, макаронная продукция, интенсивно поглощая влагу, может растрескаться и превратиться в лом. Поэтому, если потребитель предъявляет претензии предприятию-изготовителю по качеству изделий (по прочности или наличию плесени) спустя некоторое время, он должен представить гарантии соблюдения правил хранения изделий за это время.

По кривым равновесной влажности можно определить, какую влажность будут иметь макаронные изделия, попадая в среду с теми или иными параметрами воздуха. Однако при этом следует иметь в виду, что при увлажнении изделий (сорбция влаги) равновесная влажность их будет примерно на 1 % ниже, чем при высушивании (десорбция влаги) для одних и тех же параметров воздуха вследствие сорбционного гистерезиса.

Макаронные изделия подобно зерну, муке и другим зернопродуктам могут повреждаться различными вредителями, насекомыми и грызунами (мыши, крысы). Насекомые могут попадать в сырье и макаронные изделия, как при хранении, так и при перевозках.

Чтобы предотвратить заражение продуктов вредителями, необходимо соблюдать правила транспортирования и хранения, систематически проводить профилактические мероприятия для предупреждения возможности заражения: тщательно проверять зараженность муки, готовых изделий и тары, содержать все помещения и оборудование предприятия в чистоте. Пол, потолок и стены складских помещений должны быть плотными, без щелей, на вентиляционных каналах следует устанавливать сетки и т. д.

К истребительным мероприятиям относятся дезинфекция, дезинсекция и дератизация фабрик - это система мер по уничтожению соответственно микробов, насекомых и грызунов. Эти мероприятия должны систематически проводить специальные бюро при непосредственном участии администрации предприятия. Пуск предприятия после общей

газовой, жидкостной или порошковидной дезинсекции может быть осуществлен только с разрешения Госсанинспекции.

Вопросы для самоконтроля

- 1.Какие причины порчи возможны при хранении макаронных изделий?
- 2.Какая упаковочная тара применяется в технологии макаронных изделий?

Литература

1. Медведев Г.М. Технология макаронного производства. – М.: Колос, 2000. – 272 с.

Библиографический список

1. Матвеева, Т.В., Корякина, С.Я. Технология мучных кондитерских изделий. СПб.: Троицкий мост, 2011. – 408 с. **ISBN** 978-5-904406-16-5 (3) экз
2. Пучкова, Л.И., Поландова, Р.Д., Матвеева, И.В. Технология хлеба. Ч.1.- ГИОРД, 2005. – 559 с. **ISBN** 5-901065-83-2 (10) экз
3. Пащук, З.Н. Технология производства хлебобулочных изделий. – Гиорд, 2009. – 396 с. **ISBN** 978-5-98879-065-5.
4. Олейникова, А.Я., Аксёнова Л.М., Магомедов, Г.О. Технология кондитерских изделий. СПб.: РАПП, 2010. – 672 с. **ISBN** 978-5-91541-008-