МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

З. М. МЕДВЕДЕВА,
Н. Н. ШИПИЛИН, С. А. БАБАРЫКИНА

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Учебное пособие

Допущено Учебно-методическим объединением вузов
Российской Федерации по агрономическому образованию
в качестве учебного пособия для подготовки бакалавров,
обучающихся по направлениям подготовки:
35.03.07–Технология производства и переработки
сельскохозяйственной продукции, 35.03.04 – Агрономия

Новосибирск 2015

УДК 663/665 (075)
ББК 41/42, Я73
М 42

Рецензенты: *А. Н. Власенко*, д-р с.-х. наук, проф., академик РАН, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники;
Н. Н. Наплекова, д-р биол. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ

Медведева З. М. Технология хранения и переработки продукции растениеводства: учеб. пособие / З. М. Медведева, Н. Н. Шипилин, С. А. Бабарыкина; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2015. – 340 с.

В учебном пособии изложены факторы, обусловливающие качество и потери сельскохозяйственной продукции при хранении и переработке; описаны приёмы подготовки продукции к хранению, режимы и способы организации этого этапа. Подробно рассказано о жизнедеятельности микроорганизмов, насекомых и клещей в растительном сырье, вреде, причиняемом ими, и мерах борьбы. Представлен материал по мукомольному, хлебопекарному и консервному производствам.

Предназначено для студентов агрономических и технологических направлений подготовки, научных работников, руководителей и специалистов сельского хозяйства.

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2015

ВВЕДЕНИЕ

Основная задача сельскохозяйственного производства состоит в том, чтобы наиболее полно удовлетворять потребности населения в продуктах питания высокого качества и нужды пищевой и легкой промышленности, выпускающей товары народного потребления. От успешного решения этой задачи во многом зависят уровень жизни человека, его здоровье, а также в некоторой степени обороноспособность страны, что в настоящее время имеет большое значение.

Главное внимание в сельском хозяйстве уделяется дальнейшему увеличению производства зерна, повышению устойчивости зернового хозяйства.

Необходимость увеличения производства продукции растениеводства обусловлена следующими факторами: ежегодным ростом населения (питание человека); ее важным местом в рационе сельскохозяйственных животных; тем, что большинство сельскохозяйственных культур являются сырьём для ряда отраслей перерабатывающей промышленности; а зерно – важнейшей статьей экспорта России; необходимостью иметь государственные резервы зерна (на случай неурожая, стихийных бедствий и др.), семенные и страховые фонды.

Наряду с увеличением производства сельскохозяйственных продуктов стоит вопрос о повышении их качества. Чтобы успешно выполнить эти задачи, нужно совершенствовать не только производство, но и хранение и переработку основных видов сельскохозяйственного сырья.

Необходимость хранения и переработки сельскохозяйственных продуктов обусловлена рядом причин:

1) урожай убирается сезонно, а потребляется круглый год;

2) невозможно повсеместно выращивать все виды сельскохозяйственных культур;

3) выращенный семенной материал высевают через определённое время после его уборки. Часто свежеубранное зерно имеет пониженные значения всхожести и энергии прорастания. Только по окончании периода послеуборочного дозрева-

ния оно приобретает высокие характеристики, соответствующие требованиям посевных стандартов;

4) потребительские свойства некоторых видов сельскохозяйственной продукции улучшаются после хранения или переработки.

Сохранение продуктов растениеводства до времени их использования – важная народно-хозяйственная проблема. Можно существенно повысить урожайность культур и резко увеличить валовые сборы урожая, но не получить должного эффекта, если на различных этапах произойдут большие потери в массе и качестве продукта.

При неумелом обращении с продуктами в послеуборочный период потери их могут быть очень велики. Более того, возможна полная порча продукта или даже приобретение им токсических свойств.

Любая партия растительного сырья редко бывает однородной: вместе с основной продукцией в насыпь попадает то или иное количество примесей, имеются повреждённые экземпляры, присутствует огромное количество микроорганизмов, возможно наличие клещей, нематод, насекомых. Таким образом, партии продукции, подлежащие хранению, представляют собой довольно сложный биоценоз (биологическое сообщество), обладающее определёнными физическими свойствами, в нём протекают физиологические, биохимические и микробиологические процессы.

Курс «Технология хранения и переработки продукции растениеводства» относится к дисциплинам не только технологическим, но и технико-экономическим.

В данном курсе, кроме основных технологических проблем, в комплексе освещаются вопросы качества сельскохозяйственных продуктов, принципы государственного нормирования, а также требования, предъявляемые к сырью различными отраслями промышленности. В результате специалисты получают широкое представление о потребительской стоимости продукта, полезности товара, его свойствах, благодаря которым он может удовлетворять потребности людей.

Основы предмета начали закладываться в IX и VIII вв. до нашей эры, но научное обоснование началось значительно позже. Первые работы по сохранности собранного урожая принадлежат великому Михайле Ломоносову.

В 1828 г. профессор Н. Щеглов выпустил книгу «Хозяйственная ботаника», где дал подробную технологическую характеристику зерна злаковых культур. Важную роль в развитии курса и науки о хранении и технологии сельскохозяйственных продуктов сыграла деятельность Вольного экономического общества, созданного в XVIII в. Оно постоянно освещало в своих трудах проблемы хранения и переработки растительного сырья.

Фундаментальными работами того времени можно назвать книгу П. Александрова «Опыт сельскохозяйственной технологии» (1853 г.), труд И. Чернопятова «Руководство к сушке и хранению хлеба» (1867 г.). Большое значение в развитии технологии сельскохозяйственных продуктов имела деятельность великого русского ученого Д. И. Менделеева. Ему принадлежит инициатива перевода на русский язык девяти выпусков «Технологии» по Вагнеру (1862–1879 гг.). Крупный вклад в развитие науки внёс академик Д. Н. Прянишников. Его исследования показали, что на качество зерна большое влияние оказывают почвенно-климатические условия выращивания зерновых культур и погодные условия вегетационного периода.

И. В. Мичурин разработал биологические основы хранения семян и других продуктов растениеводства. Причины потерь хорошо были показаны академиком А. И. Опариным. Академик А. Н. Бах создал теорию о механизме дыхания растительной клетки, проследил вместе с А. И. Опариным динамику ферментов при созревании зерна.

В. Л. Кретович изучил зависимость энергии дыхания зерна от различных условий среды, выявил явление покоя зерна и картофеля. Профессор Ф. В. Церевитинов определил химический состав овощей и картофеля и его значение при хранении и переработке. Вопросы качества, химическо-

го состава, биохимических процессов в растительном сырье рассматриваются в трудах Ю. В. Ракитина, Л. В. Метлицкого. Академики Б. А. Исаченко и Е. Н. Мишустин выяснили роль микроорганизмов при хранении зерна, изучили явление самосогревания зерна.

Новые методы хранения зерна предложены профессором Л. А. Трисвятским, технологии хранения и переработки плодоовощной продукции много лет посвятили И. М. Минин, Н. В. Сабуров, М. В. Антонов, И. П. Широков. Вопросам переработки и стандартизации продукции растениеводства много внимания уделяла профессор РГАУ-МСХА Н. М. Личко. Этими учеными написаны хорошие, не потерявшие актуальности и сегодня, учебники по технологии хранения и переработки продукции растениеводства.

В сельскохозяйственных вузах нашей страны данный курс получил самостоятельность раньше многих дисциплин агрономического профиля. Так, в Петровской земледельческой и лесной академии в числе 15 предметов предусматривался курс «Технология сельскохозяйственная и лесная». В настоящее время этот предмет изучается не только студентами агрономических специальностей, но и будущими экономистами, управленцами и, конечно, студентами технологических направлений.

В начале XX в. в России была организована лаборатория государственной инспекции, а затем ВНИИ зерна, который более 50 лет имеет филиал в г. Новосибирске.

Цель специалиста, занимающегося организацией хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, – максимальное сохранение количества и сохранение или улучшение качества продукции.

1. ПОТЕРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМИ

По данным Международной организации по продовольствию и сельскому хозяйству, ежегодно в мире теряется около 30% выращенной продукции, при хранении зерна потери составляют 6–10, картофеля и овощей – до 30% и более. В африканских и южно-восточных странах этот показатель выше, в европейских – ниже. Результаты исследований научных учреждений России говорят о том, что потери в нашей стране огромны и составляют по сочной продукции около 50%, по зерновой – более 30%. Снижение потерь в массе при хранении зерновых продуктов только на 0,1% позволило бы сохранить зерна столько, сколько необходимо жителям г. Новосибирска на год. Снижение потерь картофеля и овощей на 1% обеспечило бы снабжение населения г. Москвы этими продуктами на 9 месяцев.

Отношение к потерям различно: региональные и районные руководители убеждены, что потерь быть не должно; труженики сельского хозяйства уверены, что потери неизбежны; наука утверждает, что в силу биологического происхождения сельскохозяйственной продукции потери неизбежны, но регулируемы.

Потери продуктов при хранении – следствие их физических и физиологических свойств. Только знание процессов, происходящих в продукте, и разработанных для него режимов хранения позволяют свести потери до минимума и тем самым способствовать реальному росту урожайности.

Различают потери в массе продукции и потери качества. Чаще всего они взаимосвязаны, но это зависит от причин и вида потерь.

Причины потерь растительной продукции при хранении хорошо изучены. Они могут быть биологические и механические.

Биологические виды потерь: за счет дыхания (сельскохозяйственная продукция представляет биологическую систему, ей присуще дыхание – в зависимости от условий оно может быть различной интенсивности, что влияет на величину по-

терь); за счёт прорастания зерна; развития и жизнедеятельности микроорганизмов, насекомых и клещей; за счёт уничтожения грызунами (одна крыса за год съедает около 40 кг зерна) и птицами (один воробей съедает до 4 кг зерна в год); при самосогревании.

Механические потери подразделяются на: просыпи – потери при транспортировании, при подработке на току и т.п.; травмы – возникают чаще всего из-за несовершенства конструкции современных уборочных и подрабатывающих машин (особенно опасны микро- и макроповреждения зародыша зерна, предназначенного на посевные цели); распыл – отделение частиц покровных тканей продукта при его перемещениях и при хранении.

Потери зерновой продукции со временем уменьшаются.

Особенности потерь при хранении сочной продукции. Биологические потери: за счёт дыхания и испарения; самосогревания; за счёт развития микроорганизмов, клещей, нематод, насекомых и грызунов; за счёт израстания (по окончании периода покоя, даже без нарушения режима хранения); за счёт физиологических расстройств (причины плохо изучены, их пытаются объяснить избыточным азотом или несбалансированным питанием). Проявляются у различных культур по-разному: бурые пятна на плодах яблонь, черные точки на листьях внутри кочана капусты, почернение мякоти клубня картофеля и др.

Механические потери: подмерзание; травмы поверхностные (ушибы, нажимы); проколы.

У сочной продукции потери резко возрастают при удлинении срока хранения.

Вследствие того, что потери растительной продукции при хранении неизбежны, разработаны нормы этих потерь, которые называются «нормы естественной убыли». Нормы естественной убыли (НЕУ) различны для разных групп культур; продолжительности, условий и способов хранения. Показатели НЕУ приведены в табл. 1–4 прил. 1.

Качество – это совокупность свойств и признаков продукции, обусловливающих её пригодность удовлетворять определённые запросы потребителя в соответствии с её назначением.

Признаки оценки пищевого сырья:

1. Физиологическая ценность – содержание сухих веществ, количество и состав белков, углеводов, липидов, минеральных веществ, витаминов, пищевая безвредность.

2. Технологическая ценность – возможность получения продуктов высокого качества, выход продукции при переработке.

3. Потребительская ценность – вкус, цвет, запах, удобство потребления в быту.

4. Долговечность – естественная и искусственная.

Методы определения качества сельскохозяйственной продукции. Все методы оценки качества сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки разделяют на группы: органолептические (сенсорные); лабораторные (инструментальные); регистрационные (наблюдение и подсчёт событий, предметов); экспертные (значения показателей определяют на основе коллективного решения, например, по результатам дегустации); социологические (сбор и анализ мнения потребителей); расчётные (используют теоретические или эмпирические зависимости показателей качества продукции от её параметров).

При ***органолептической оценке*** (вкус, запах, цвет) качества продукции используются органы чувств человека, что не всегда даёт объективную характеристику качества товара. Результат определений зависит от опытности испытателя, его квалификации и добросовестности.

Инструментальные методы оценки используют различные приборы, и результаты испытаний, как правило, более точны и объективны. Лабораторные методы исследований разделяют на химические, биохимические, физические, физико-химические, биологические и технологические.

При химическом анализе можно изучить аминокислотный состав белков, установить содержание тех или иных компонентов в сырье и готовой продукции (витаминов, пигментов и т.д.), биохимические исследования позволяют определить активность ферментов в продукте. Физические методы ис-

пытаний дают точные представления о влажности продукта, заражённости его вредителями, крупности и однородности компонентов; физико-химические методики используют при определении водопоглотительной способности муки и др. К биологическим методам относят определение заражённости продукции вредителями, заселённости микроорганизмами.

Технологические методики воспроизводят схему технологического процесса (или его части), сырьё превращают в полуфабрикат или готовое изделие и по их качеству судят о технологических достоинствах исходного продукта. Размол зерна на лабораторной мельнице позволяет определить выход муки, а пробная выпечка – хлебопекарные свойства муки.

Сельскохозяйственная продукция характеризуется значительной разнокачественностью из-за генетических, природно-климатических и технологических факторов. *Разнокачественность* продуктов, производимых в сельском хозяйстве в пределах одного вида, вызывает необходимость не только широкого нормирования их качества, но и установления какой-то основной нормы. Основой нормирования качества сырья и готовой продукции в России и других странах мира служит система стандартизации, т.е. система норм.

В связи с этим в государственном нормировании разработана система кондиций, которые полностью или частично включаются в государственные стандарты, либо в стандартах дается рекомендация руководствоваться действующими кондициями.

В практике сельского хозяйства применяются следующие кондиции: посевные, заготовительные, промышленные и экспортные.

Посевные кондиции полностью включены в государственные стандарты на сортовые и посевные качества семян.

Заготовительные кондиции – нормы качества сельскохозяйственной продукции, учитываемые при их реализации. Их подразделяют на базисные и ограничительные.

Базисные кондиции – это основная норма качества продукции, установленная для каждой культуры и ее назначе-

ния. Ограничительные кондиции – это низшая норма качества, допустимая при реализации продукции. Если продукт хотя бы по одному из показателей не соответствует ограничительным нормам, его подрабатывают, или переводят на другие цели, или подвергают утилизации.

Промышленные кондиции дают представление о требованиях, предъявляемых к сырью каждой отраслью промышленности.

Экспортные кондиции составляют с учётом требований к качеству продукции на мировом рынке.

Факторы, влияющие на качество продукции растениеводства, и способы управления ими:

1. Посевной материал (сорт – обязательно районированный, качество семян – высокая категория сортовой чистоты, отсутствие зараженности, засоренности, высокие показатели энергии прорастания и всхожести).

2. Условия выращивания (различные предшественники – разное содержание и качество клейковины; сроки, способы и нормы высева – определяют выполненность зерна, его стекловидность; форма, дозы и способы внесения удобрений – обеспечивают формирование большего количества полноценных зерен).

3. Уход за посевами (обработка гербицидами снижает засоренность, инсектицидами – уменьшает количество поврежденных растений, биостимуляторами – ускоряет созревание и формирование урожая с высокими технологическими показателями).

4. Условия уборки (сроки и способы уборки определяют выбор направления использования и способов переработки, состояние технических средств характеризует степень травмирования продукции).

5. Транспортировка урожая (длительность транспортировки, виды и состояние транспортных средств нередко снижают качество продукции).

6. Первичная обработка (при несвоевременной и некачественной обработке в первые несколько недель после уборки могут быть значительные потери, особенно качества продукции).

7. Хранение (строгое соблюдение правил размещения продукции, выбор способа и оптимального режима хранения обеспечивают минимальные потери даже при длительном периоде хранения).

Факторы, влияющие на сохранность продукции растениеводства. На самых ранних этапах развития человеческого общества очень остро стоял вопрос сохранения собранного, а затем и выращенного урожая. Техника применения различных приёмов хранения и консервирования продуктов (хранение в земле и песке, замораживание, сушка и др.) изменялась во времени, но некоторые приёмы используются и до наших дней. В хранящейся продукции, даже при благоприятных условиях, протекают процессы, изменяющие её качество, и не всегда в лучшую сторону.

Устойчивость продукта при хранении и переработке зависит от целого ряда факторов: физического состава хранящейся массы и её физических свойств; химического состава и процессов метаболизма, протекающих в каждой клетке; реакции растительных организмов на воздействие факторов окружающей среды.

Сельскохозяйственная продукция подвергается воздействию огромного количества микроорганизмов, которые способны при определённых условиях размножаться и влиять на массу и качество хранящегося сырья. Нельзя исключать влияния вредителей запасов (насекомых, клещей, птиц и грызунов). Развитие их в хранящейся массе грозит огромными потерями.

Все режимы и способы хранения продуктов базируются на установлении взаимосвязей между хранимым объектом и окружающей его средой, создании наиболее благоприятных условий для хранящегося продукта и жёстких, или даже невыносимых, условий – для других живых компонентов массы. Профессор Я. Я. Никитинский выделил четыре принципа, на которых базируются все способы хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, применяемые на практике: биоз, анабиоз, ценоанабиоз, абиоз.

Принципы хранения (консервирования) сельскохозяйственной продукции по Я. Я. Никитинскому

	Биоз
Гемибиоз	Хранение в свежем виде плодов и овощей
	Анабиоз
Термоанабиоз	Хранение в охлаждённом или замороженном состоянии
Ксероанабиоз	Сохранение при частичном или полном обезвоживании продукта
Осмоанабиоз	Повышение осмотического давления в продукте
Ацидоанабиоз	Изменение кислотности среды в продукте
Наркоанабиоз	Применение анестезирующих веществ
	Ценоанабиоз
Ацидоценоанабиоз	Повышение кислотности среды в результате развития определённых групп микроорганизмов
Алкоголеценоанабиоз	Консервация спиртом, выделенным микроорганизмами
	Абиоз
Термостерилизация	Нагревание до высоких температур
Лучевая стерилизация	Применение различных лучей
Химическая стерилизация	Введение антисептиков
Механическая стерилизация	Фильтрация

Контрольные вопросы

1. Какие учёные внесли вклад в развитие науки о хранении растительного сырья?
2. Чем обусловлена необходимость хранения и переработки растительной продукции?
3. Назовите основные причины потерь сельскохозяйственной продукции при хранении.
4. По каким признакам оценивается пищевое сырьё?
5. Что такое кондиции? Дайте определение базисным и ограничительным кондициям.
6. Назовите основные факторы, влияющие на качество растительной продукции.
7. Назовите основные принципы хранения по Никитинскому.

2. СОСТАВ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВЕЖЕУБРАННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСС

Любую растительную массу следует рассматривать как комплекс живых и неживых организмов, каждый из которых при определённых условиях может значительно повлиять на состояние и качество данной партии.

Разнокачественность партий сельскохозяйственного сырья оказывает отрицательное влияние на процесс хранения и переработки, но это объективно, и необходимо научиться управлять нежелательными явлениями или устранять их последствия.

В состав каждой партии зерновой массы входят:

1) зёрна основной культуры (полноценные и дефектные), а также зерна других культурных растений, которые по характеру использования и ценности сходны с зерном основной культуры;

2) примеси минерального и органического происхождения (в том числе и семена дикорастущих культурных растений, не отнесённые к основному зерну);

3) микроорганизмы (в 1 г зерна их может быть от сотен тысяч до миллиона экземпляров);

4) воздух межзерновых пространств с парами воды.

Кроме этих постоянных компонентов в отдельных партиях зерна могут быть насекомые и клещи. Их рассматривают как пятый, крайне нежелательный компонент.

Одинаковых по составу и состоянию зерновых масс практически нет, так как каждый компонент массы значительно изменяется под влиянием множества факторов. В 1 т зерна пшеницы около 30–40 млн шт. зерновок и все они отличаются друг от друга по множеству признаков: форме и размерам, влажности и химическому составу, плотности и массе.

По результатам исследований, проведенных на кафедре растениеводства НГАУ, в верхней части колоса масса 1000 зёрен – 29–30 г, в средней – 38–39, в нижней – 33–34 г. Различались зёрна и по влажности: в верхней части колоса – 15–17%, в средней – около 20 и в нижней – 22–24%. Различия

обусловлены неравномерностью созревания в пределах поля, растения и соцветия, пестроты почвенного плодородия и др. Разнородность ещё больше возрастает в процессе уборки, так как при обмолоте зёрна в различной степени травмируются.

Содержание растительных примесей в зерновой массе делает её ещё более неоднородной, снижает качество зерна и влияет на сохранность зерновой массы. Это связано с тем, что семена сорных растений, как правило, имеют повышенную влажность, и влага примесей быстро передаётся основному зерну.

Семена основной культуры и примесей энергично дышат и являются благоприятной средой для микроорганизмов. Состав микроорганизмов весьма разнообразен и непостоянен. Уровень дыхания зёрен, жизнедеятельность микроорганизмов и вредителей в значительной мере зависят также от состава, температуры и влажности воздуха, находящегося в межзерновых пространствах свежеубранной зерновой массы. Присутствие в зерновой, да и любой другой растительной массе столь различных компонентов придаёт ей много специфических свойств.

Изучение этих свойств показало, что по своей природе они могут быть разделены на две группы: физические и физиологические. В основе физических процессов лежат физические свойства растительной массы, в основе физиологических – биологические.

Физические свойства зерновой или другой растительной массы следует учитывать при организации работ по их первичной подработке и закладке на хранение. Для практики представляют интерес следующие физические свойства: сыпучесть; самосортирование; скважистость и плотность; сорбционные свойства; теплофизические характеристики.

Рассмотрим значение каждого свойства в процессе хранения и переработки зерновой массы.

1. ***Сыпучесть*** – это способность зерна перемещаться по поверхности под некоторым углом или под действием силы тяжести. Сыпучесть зерновой массы объясняется тем, что она

состоит из отдельных частиц – зёрен и примесей. Это свойство имеет большое практическое значение. Хорошая сыпучесть зерновых масс позволяет довольно легко перемещать их при помощи транспортёров, загружать в различные по размерам и форме хранилища и транспортные средства, а также перемещать, используя принцип самотёка. На основе этого принципа, например, все схемы технологического процесса на элеваторах и мукомольных заводах построены по вертикали. Зерновая масса, поднятая норией на верхний этаж элеватора, самотёком спускается и по пути перемещения проходит через те или иные машины.

Сыпучесть зерновой массы характеризуется углом трения и углом естественного откоса. *Угол трения* – наименьший угол, при котором зерновая масса начинает скользить по поверхности и скатывается вся без остатка. Сыпучесть сильно зависит от материала, по которому катится зерно, формы и характера поверхности зерновки. Это используют при отделении культур друг от друга и от семян сорных растений.

При скольжении зерна по зерну угол трения называют углом естественного откоса (или углом ската). *Угол естественного откоса* – это угол между диаметром основания и образующей конуса, получающегося при свободном падении зерновой массы на горизонтальную поверхность.

На величину сыпучести влияют разные факторы: форма, размеры и характер поверхности культуры, влажность зерна, наличие и состав примесей. Знание и грамотное использование этих факторов необходимо при настройке оборудования при подработке зерна или его переработке.

2. *Самосортированием* называется естественное распределение зерна, находящегося в движении, по величине, форме и массе. При перевозке зерна или других работах наблюдаются встряхивание, толчки, при этом лёгкие примеси поднимаются вверх, тяжёлые опускаются вниз, т.е. происходит разделение на фракции.

При загрузке зерновой массы в хранилище самосортированию способствует ещё и парусность (*парусность* – это со-

противление, оказываемое воздухом перемещению какой-либо частицы). Крупные тяжёлые зерна и примеси, обладающие большей плотностью и меньшей парусностью, опускаются отвесно и быстро достигают дна или поверхности насыпи. Щуплые, мелкие зёрна и примеси, обладающие большой парусностью, опускаются значительно медленнее, они отбрасываются вихревыми потоками воздуха к стенам или скатываются по поверхности конуса, образуемого зерновой массой. В результате нарушается однородность зерновой массы. Например, у стенки закрома семян сорных растений в 3 раза, а щуплых зёрен – в 5 раз больше, чем в центре закрома.

Самосортирование является следствием сыпучести и неоднородности частиц зерновой массы. Самосортирование имеет отрицательное и положительное значение. Отрицательное значение проявляется в том, что:

а) в результате самосортирования усложняется отбор образцов зерна для проведения анализов (необходимо отбирать зерно из нескольких точек и слоёв зерновой массы);

б) усложняется процесс хранения зерна, так как самосортирование часто является причиной самосогревания зерновых масс.

Положительно то, что принцип самосортирования используется при конструировании ряда зерноочистительных машин.

3. *Скважистость и плотность*. Под плотностью понимают объём твёрдых частиц зерновой массы (зерно основной культуры и твердые примеси). Скважистость – это промежутки между твёрдыми частицами в зерновой массе, занятые воздухом с парами воды (табл. 1).

Обычно плотность и скважистость выражают в процентах (в сумме они составляют 100 %). Величина скважистости зависит от формы и характера поверхности семени, от засорённости и влажности массы. Обычно с увеличением влажности возрастает скважистость, так как влажные зёрна укладываются менее плотно. Если же зерно увлажняется во время хранения, то оно набухает и уплотняется. Крупный сор увеличивает скважистость, мелкий – уменьшает.

Таблица 1

Скважистость зерновой насыпи и её масса

Культура	Масса 1 м^3, кг	Скважистость, %
Подсолнечник	325–440	60–80
Овёс	400–550	50–70
Рис	440–550	50–65
Гречиха	560–650	50–60
Ячмень	580–700	45–55
Лён	580–650	35–45
Кукуруза	680–820	35–55
Просо	680–730	30–50
Рожь	680–750	35–45
Пшеница	730–840	35–45
Горох и люпин	750–800	40–45
Клевер красный	780–850	30–40

Положительное влияние скважистости проявляется в том, что воздух, находящийся в межзерновых пространствах, обеспечивает нормальную жизнедеятельность зерна, а также в том, что наличие скважин позволяет проводить активное вентилирование и обеззараживание его с помощью газовых смесей.

Отрицательное значение скважистости проявляется в том, что по межзерновым промежуткам перемещаются влага и тепло, активно передвигаются насекомые и клещи, расселяясь по всей массе.

4. *Сорбционные свойства.* Под сорбцией понимают способность тела поглощать, удерживать или отдавать различные пары и газы. Зерно обладает высокими сорбционными свойствами. Объясняется это тем, что зерно имеет капиллярно-пористую структуру оболочек, величина активной поверхности которых в 200 тыс. раз больше поверхности самого зерна. Немаловажно и влияние скважистости зерновой массы.

Очень легко сорбируются, но трудно или совсем не удаляются запахи полыни, дикого чеснока, донника. Зерно может приобретать запах дыма, горючесмазочных материалов (бензина, керосина, солярки).

Способность зерна к адсорбции и десорбции водяного пара называют *гигроскопичностью*. При большой насыщен-

ности воздуха водяными парами зерно поглощает влагу, при сухом воздухе влажное зерно отдает воду. Влагообмен между воздухом и зерном прекращается, если парциальное давление водяного пара в воздухе и в зерне одинаково. При этом наступает состояние динамического равновесия, а влажность зерна, соответствующая этому состоянию, называется равновесной. Величина *равновесной* влажности зависит:

– от относительной влажности воздуха (прямая зависимость) и температуры воздуха (обратная зависимость). Именно этим объясняется то, что зерно, убранное утром или вечером, более влажное, чем зерно, убранное днём;

– от химического состава зерна (белки и крахмал поглощают влагу интенсивнее жиров, поэтому влажность семян при одинаковых условиях у пшеницы выше, чем у льна).

При уборке в зерновой массе содержится множество примесей, влажность которых выше влажности зерна. Благодаря свойству гигроскопичности наблюдается переход влаги от примесей к зерну. Их влажность выравнивается примерно за 3–4 дня. Распределение влаги в зерновой массе необходимо учитывать, так как непонимание этого процесса может привести к гибели убранного урожая.

В зерновой массе влага распределяется неравномерно по ряду причин:

1) неодинакова влажность отдельных частей зерновки (при влажности целого зерна около 25 % влажность зародыша может достигать 40 %);

2) способность к сорбции водяных паров зёрнами различной крупности и выполненности неодинакова. Влажность зерновой массы, состоящей из мелких и щуплых зёрен, всегда выше. Это объясняется тем, что при одинаковой массе зерна сумма поверхностей у щуплых семян больше, кроме того, в мелком и щуплом зерне зародыш занимает большую часть (2,9 против 1,6 %), чем у полноценного зерна;

3) относительная влажность воздуха в течение суток меняется, поэтому влажность зерна в поверхностном слое тоже меняется (на 1,5–2,0 %);

4) влажность зерна в отдельных местах партии может повыситься в результате жизнедеятельности микроорганизмов, насекомых и клещей;

5) колебания температуры воздуха в течение суток способствуют возникновению разницы температур в различных участках вороха зерна, что ведет к перераспределению влаги – она из теплых участков будет перемещаться к более холодным.

5. К теплофизическим характеристикам зерновой массы относят ***теплоёмкость и теплопроводность***.

Теплоёмкостью зерновой массы называется то количество тепла, которое необходимо для повышения температуры 1 кг зерна на 1 °С (ккал/кг· град.). Удельная теплоёмкость воды равна 1 ккал/кг·град.; абсолютно сухого зерна – 0,3–0,4; теплоёмкость воздуха – 0,24 ккал/кг·град. При увеличении влажности зерна теплоёмкость его увеличивается, т.е. запас тепла всегда выше во влажном зерне, чем в сухом. Чем влажнее зерно, тем выше опасность самосогревания.

Высокая теплоёмкость влажного зерна играет отрицательную роль при его сушке. На сушку более влажного зерна затрачивается больше тепла, поскольку зерно приходится нагревать до температуры испарения и, чтобы повысить температуру зерна на 1 °С, нужно затратить больше энергии.

Положительное значение высокой теплоёмкости проявляется в период перехода с зимнего хранения на летнее. В этом случае высокая теплоёмкость способствует продолжительному сохранению пониженной температуры в зерновой массе.

Теплопроводность – это свойство зерна передавать тепло без его движения и перемещения. Зерновая масса обладает плохой теплопроводностью. Объясняется это низкой теплопроводностью самого зерна и воздуха, находящегося в скважинах. С увеличением влажности зерна теплопроводность растет, но всё же остаётся невысокой.

Положительное значение низкой теплопроводности зерновых масс заключается в том, что при правильно организованном своевременном охлаждении в них сохраняется пониженная температура даже в теплое время года, что позволяет

консервировать зерновую массу холодом на довольно длительное время.

Низкую теплопроводность зерна можно использовать для защиты зерна от холода в зимний период. При высоте слоя зерна 2,0–2,5 м оно не промерзает, его температура в среднем значительно выше, чем температура окружающей среды. Низкая теплопроводность очень неблагоприятно сказывается в осенний период, когда на тока поступает зерно с повышенной температурой (до 20–30 °С). Такая температура отрицательно влияет на сохранность зерна, так как в массе начинаются нежелательные процессы, и зерновую массу приходится охлаждать. Из-за низкой теплопроводности в зерновых массах с различной температурой почти не происходит выравнивания температур, что приводит к перемещению влаги в более холодные слои. Поэтому зерно, различающееся по температуре, нельзя ссыпать в один ворох – зерно с одного поля, но убранное в разное время суток, приходится размещать отдельно.

Низкая теплопроводность отрицательно сказывается и при сушке зерна в контактных сушилках. Семена, соприкасающиеся с горячей поверхностью, могут гореть, в то время как верхние слои ещё не начали высушиваться.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте компоненты свежеубранных растительных масс.
2. Основные физические свойства зерновой массы, их значение при хранении и переработке зерна.
3. Дайте определение сыпучести. Что влияет на её величину?
4. Что способствует самосортированию растительных масс при закладке их на хранение?
5. Практическое значение величины скважистости.
6. Чем объясняется сорбционная способность растительных объектов? Что такое гигроскопичность?
7. При каких обстоятельствах приходится учитывать значения теплофизических характеристик зерна?

3. БИОХИМИЯ ЗЕРНА. ЗНАЧЕНИЕ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗЕРНА В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ

Биологическая химия изучает химический состав растений и связь между жизнедеятельностью организмов и протекающими в них физиологическими и биохимическими процессами. Ещё академик А. И. Опарин утверждал, что потери сельскохозяйственных продуктов при хранении – свидетельство нашего незнания биохимических и микробиологических процессов, происходящих в растительном сырье. Правильная организация технологических процессов мукомольной, крупяной, элеваторной, комбикормовой и хлебопекарной промышленности возможна только при широком использовании биохимии.

Применение сельскохозяйственных продуктов на те или иные цели определяется, прежде всего, особенностями их химического состава. В состав всех растительных объектов входят вода, углеводы, жиры, белки, минеральные вещества. В меньших количествах содержатся ферменты, витамины, пигменты. Нередко встречаются токсические вещества, как биологического, так и техногенного происхождения. Содержание химических веществ в зерне может колебаться в значительных пределах в зависимости от культуры, сорта и природно-климатических условий выращивания растений (прил. 2).

Вода. Все процессы, протекающие в зерне во время хранения и переработки, связаны с присутствием воды. Влага – среда для биохимических реакций и превращений. Увлажнение изменяет физические свойства зерна (снижает сопротивление раздавливанию, повышает эластичность оболочек, уменьшает выход готовой продукции в мукомольном производстве), вызывает или ускоряет многие физико-химические и биологические процессы (дыхание, набухание, гидролитическое расщепление высокомолекулярных веществ), влияет на жизнедеятельность микроорганизмов, клещей и насекомых, находящихся в зерновой массе.

Влага – обязательный участник ферментативных процессов. При повышении влажности продукта активность ферментов возрастает – чем больше влаги, тем менее прочно она связана с сухими веществами зерна и тем легче протекают ферментативные процессы. При работе с зерном обычно учитывают равновесную, гигроскопическую и критическую влажность. Вода может входить в состав некоторых соединений зерна, но может быть и в свободном состоянии, тогда она играет роль среды, в которой осуществляется обмен веществ. Таким образом, в растительном сырье различают воду свободную и воду связанную.

1**.** ***Вода коллоидно-связанная*** прочно удерживается молекулами белков и крахмала зерновки и не может перемещаться из клетки в клетку. Она почти не участвует в реакциях обмена веществ, не замерзает при низких температурах (до -20 °С), удаляется из зерна с большим трудом. Связанная влага имеет ряд особенностей: у нее пониженная упругость пара, большая теплота испарения, пониженная способность растворять твердые вещества, меньшая теплоёмкость. Удалить всю связанную влагу практически невозможно, так как это сопряжено с разрушением тканей зерновки.

2. ***Свободная вода*** появляется при повышении влажности зерна (более 14 %). Капельно-жидкая вода слабо удерживается или совсем не удерживается частями зерновки. Она свободно перемещается из клетки в клетку и принимает активное участие во всех реакциях обмена. Наличие свободной влаги усиливает интенсивность дыхания и других биохимических процессов, что ухудшает его физико-химические свойства и приводит к быстрой порче зерна при хранении.

Влажность зерна, при которой наряду с коллоидно-связанной водой появляется свободная, называется *критической влажностью зерна*. Для большинства зерновых культур она находится в пределах 14,0–14,5 %.

Водяной пар в воздухе и в скважинах зерновой массы создает определённое давление, которое зависит от величины влажности зерна. Внутри зерновки также есть давление водяного

пара. В определённый момент может возникнуть разница между давлением водяного пара атмосферного воздуха и давлением пара внутри зерновки. Тогда влага из зоны большего давления будет переходить в зону меньшего давления до тех пор, пока давление пара в зерне не станет таким же, как давление пара в окружающем воздухе, т. е. пока не наступит *динамическое равновесие*. Влажность зерна, соответствующая динамическому равновесию, называется равновесной влажностью. *Равновесная влажность зерна* – это состояние зерновой массы, при котором количество поглощённой воды в единицу времени из воздуха равно количеству выделившейся воды в атмосферу.

Если зерно поместить в замкнутое пространство, которое имеет достаточно высокую относительную влажность воздуха, то сухое зерно будет поглощать водяные пары (увлажняться). Если зерно имеет высокую влажность, а относительная влажность воздуха низкая, зерно будет отдавать воду (подсушиваться).

Количество гигроскопической и равновесной влаги зависит от ряда условий: химического состава и физической структуры зерновки, степени зрелости, механических повреждений, величины исходной влажности и др. (табл. 2).

Таблица 2

Равновесная влажность зерна различных культур при температуре 12–25 °С (по Б. А. Кригеру), %

Культуры	Относительная влажность воздуха,%										
	10	20	30	40	50	60	70	75	80	90	95
Пшеница	6,6	8,4	9,5	10,9	12,2	13,4	14,8	15,3	16,7	20,4	-
Рожь	6,9	8,2	9,6	10,9	12,2	13,5	15,1	16,2	17,5	21,6	24,5
Овес	5,5	7,2	8,8	10,2	11,4	12,5	14,0	15,2	17,0	22,6	-
Кукуруза	6,2	7,9	9,3	10,7	11,9	13,1	14,6	15,5	16,5	20,7	25,0
Горох	5,3	7,0	8,6	10,3	11,9	13,5	15,0	15,9	17,1	22,0	26,0
Люпин	4,2	6,2	7,8	9,1	10,5	11,7	13,4	14,5	16,7	-	-
Бобы	4,7	6,8	8,5	10,1	11,6	13,1	14,8	15,9	17,2	22,6	27,2

На величину равновесной влажности оказывают влияние температура окружающей среды и зерна. Воздействие температуры наружного воздуха на зерновую массу проявляется постепенно и сопровождается ослаблением по мере проникновения вглубь. Колебания температуры воздуха образуют тем-

пературные волны (суточные и годовые) с соответствующим изменением относительной влажности воздуха и его влиянием на равновесную влажность зерна.

Белки. Это высокомолекулярные органические вещества со строго определённым элементарным составом (табл. 3). Белки содержат (%): углерода – 51,0–53,0; кислорода – 21,7–23,0; азота – 16,8–18,4; водорода – 6,9–7,0; серы – 0,7–1,3. Почти все реакции в организме растения происходят с участием белков. Белки обладают многочисленными свойствами, что обусловлено огромным разнообразием их структуры, а также бесконечным числом их физических и химических превращений. Белки – важнейший фактор биологической и пищевой ценности хлеба, крупы, макаронных изделий, кормов для животных. Содержание белка в зерне пшеницы колеблется от 9,0 до 26,0 %, в зерне твёрдых сортов его больше, чем в зерне мягких.

Таблица 3

Аминокислотный состав белков клейковины пшеницы, г на 100 г белка, содержащего 17,5 % азота

Аминокислота	Содержание	Аминокислота	Содержание
Лизин	2,08	Аланин	3,11
Гистидин	2,47	Цистин	2,53
Аргинин	4,83	Валин	5,59
Аспарагиновая кислота	3,83	Метионин	1,83
Треонин	3,15	Изолейцин	4,96
Серин	5,28	Лейцин	8,52
Глютаминовая кислота	43,79	Тирозин	4,08
Пролин	15,89	Фенилаланин	6,09
Глицин	4,13	Аммиак	2,70

Белки подразделяют на простые (протеины) и сложные (протеиды). Протеиды представляют собой соединения протеинов с другими химическими веществами.

Наибольший практический интерес представляют простые белки зерна (протеины): альбумины – растворимые в воде; глобулины – растворимые в слабых растворах щелочей; проламины – растворимые в спирте; глютелины – растворимые в кислотах.

Белковые вещества зерновки имеют ряд характерных реакций:

– белки хорошо связывают воду (гидрофильны). Гидрофильность белков неодинакова у зерна сильных и слабых сортов пшениц. Гидрофильные свойства белков зерна имеют большое значение при хранении и переработке зерна, при выпечке хлеба, производстве макарон;

– белки при определенных условиях могут денатурировать. Денатурация белков – сложное явление, при котором происходят изменения во вторичной, третичной и четвертичной структуре белковой молекулы, при этом сохраняется первичная структура. При денатурации происходят пространственные изменения в расположении полипептидных цепочек молекулы белка, а химический состав белка остается неизменным (рис. 1).

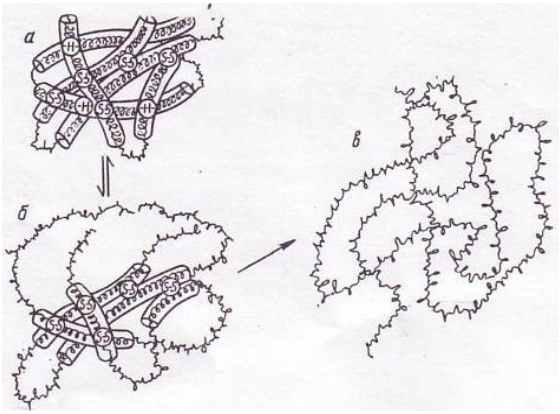


Рис. 1. Схема денатурации белковой молекулы:
а – исходное положение; *б* – начинающееся, обратимое развертывание;
в – далеко зашедшее, необратимое развертывание полипептидной цепочки

Денатурация белка, как правило, процесс необратимый и приводит к изменениям первоначальных свойств молекулы: уменьшается растворимость, гидрофильность, ферментативная активность, изменяются форма и величина белковой молекулы. Денатурация может происходить под влиянием

химических (кислоты, щелочи, растворители) и физических факторов (высокая или низкая температура, давление), а также при механических воздействиях (растирании, энергичном встряхивании, растекании с образованием поверхностной плёнки). Существенные изменения происходят в белках морозобойного зерна.

Эндосперм зерновки содержит целый комплекс обезвоженных белков. Два простых белка – глиадин (из группы проламинов) и глютенин (из группы глютенинов) – находятся в тесной связи между собой и играют огромную роль в хлебопечении. Современными исследованиями установлено, что глиадин и глютенин состоят из ряда белков, различающихся по молекулярной массе и аминокислотному составу. В свою очередь, каждый из этих компонентов может быть разделён на ряд индивидуальных белков, молекулярные массы которых колеблются в пределах 30000–160000.

При увлажнении муки в ней образуется сетка, состоящая из набухших в воде и очень тесно переплетённых между собой молекул глиадина и глютенина, а в просветах этой сетки заключена вода. Образующийся при замесе теста упругий и пластичный гель называется *клейковина*. Пшеничная клейковина– это сильно гидратированный белок (в её составе около 65% воды). Средний аминокислотный состав клейковинного белка постоянен независимо от технологических качеств клейковины: для сильной и слабой пшеницы свойственны различный характер и прочность связей клейковинных белков. В состав клейковины зерна пшеницы, кроме белковых, входят и другие вещества (табл. 4).

Клейковина плохо пропускает воздух, поэтому образующийся при брожении теста углекислый газ удерживается в нём и поднимает тесто, обеспечивая хорошую формоустойчивость и объёмный выход хлеба. При выпечке углекислый газ расширяется и, преодолевая сопротивление клейковины, выходит из теста. На его месте в выпекаемом изделии остаются пустоты, называемые порами. Пористость хлеба – один из основных показателей качества выпекаемых изделий.

Таблица 4

Химический состав клейковины зерна пшеницы (по данным разных авторов),% сухого вещества

Белковые вещества				Липиды			Углеводы				Зольность
глиадин	глютенин	альбумин и глобулин	итого	свободные	связанные	итого	крахмал	сахар	клетчатка	Итого	
39,09	35,07	6,75	80,91	4,20	-	4,20	9,44	-	2,02	11,46	2,48
-	-	-	72,67	0,75	6,30	7,05	-	-	-	18,82	0,63
-	-	-	82,60	0,12	8,38	8.50	8,79	-	-	8,79	0,71
50,20	34,85	3,35	88,40	2,12	-	2,12	6,72	1,20	-	7,92	0,92
43,02	39,10	4,41	86,53	2,80	-	2,80	6,45	2,13	-	8,58	2,00
-	-	-	90,00	-	8,00	-	0,01	-	-	0,01	0,50
-	73,70	5,30	79,00	2,91	4,19	2,91	7,28	1,20	1,08	9,56	2,80
В среднем											
43,5	36,0	4,0	83,5	1,0	6,0	7,0	6,0	1,3	1,3	8,6	0,9

Клейковинные белки содержатся только в эндосперме зерна. Лучшим качеством обладают белки, расположенные ближе к центру зерновки, поэтому центральные слои эндосперма обладают лучшей клейковиной. Этот факт важен для понимания состава и качества различных сортов муки.

По содержанию клейковинных белков в зерне наблюдаются существенные различия по культурам. Максимум их в зерне пшеницы, меньше в зерне ржи, еще меньше – в овсе и совсем мало в зерне ячменя. Распределение клейковинных белков в зерновке неравномерное. Их содержание увеличивается по направлению от центра зерновки к периферии – наибольшее количество клейковины содержится в поверхностном слое эндосперма.

Содержание сырой клейковины (белковой массы, поглотившей около 70% воды) в зерне пшеницы колеблется от 10 до 50%. Хорошая мука получается из зерна, содержащего не менее 25% сырой клейковины.

Содержание и качество клейковины у различных партий пшеницы неодинаково и обусловлено особенностями сорта, почвенно-климатическими и технологическими факторами.

Большинство сортов пшеницы, выращиваемых в нашей стране, имеют хорошие и удовлетворительные хлебопекарные качества, а некоторые – отличные.

Все сорта мягкой пшеницы по технологическим признакам подразделяют на группы:

1) *сильные* – пшеницы имеющие высокие хлебопекарные свойства. Сильная пшеница должна содержать белка не менее 14 % (на сухое вещество), сырой клейковины – не менее 28 %. Мука из такой пшеницы поглощает больше воды, тесто очень устойчиво сохраняет свои первоначальные свойства (эластичность, консистенцию, сухость). Куски теста из зерна сильной пшеницы хорошо обрабатываются, лучше удерживают диоксид углерода при расстойке и выпечке, мало расплываются. При смешивании муки из сильных сортов с мукой, имеющей слабые хлебопекарные достоинства, получают муку с улучшенными характеристиками. Поэтому сорта сильной пшеницы могут быть использованы в качестве улучшителей для слабых пшениц. В зависимости от качества примесь из муки сильной пшеницы колеблется от 25 до 50 %. В нашей стране в структуре посевов пшеницы сильные сорта занимают не более 10–15 %;

2) *ценные* – пшеницы имеющие высокие хлебопекарные свойства, но недостаточные, чтобы быть улучшителями. Эта группа товарной пшеницы формируется в основном за счёт сильных сортов, но не отвечающих по некоторым показателям требованиям, предъявляемым к сильной пшенице;

3) *средние* – пшеницы с хорошими хлебопекарными свойствами, не нуждающиеся в добавлении к ней сильной пшеницы. В структуре посевов средние по силе пшеницы занимают от 15 до 20 %;

4) *слабые* – пшеницы с низкими хлебопекарными свойствами: содержание белка в зерне 8–10 %, содержание сырой клейковины менее 20 %. Иногда содержание белка может быть достаточным, но он низкого качества. Из зерна с такими характеристиками невозможно получить хлеб удовлетворительного качества, и мука из слабой пшеницы нуждается в улучшителях.

Сорта пшеницы, возделываемые в Новосибирской области, в основном относятся к сильной и ценной группам.

Факторы, влияющие на количество и качество клейковины, можно объединить в группы:

1) генетические – внутренние причины, свойственные сорту;

2) экологические – условия произрастания растения и созревания зерна;

3) технологические – приёмы подготовки почвы, ухода за посевами, способы уборки;

4) экзогенные – действие физических и химических агентов, которыми обрабатывают зерно, муку или клейковину.

Установлено, что доля генотипической изменчивости по уровню белковости и содержанию клейковины достаточно высока и составляет 48 % по содержанию белка и 43 % по содержанию сырой клейковины от общей изменчивости. Основную роль в накоплении белка в зерне пшеницы и формировании его качества играют гены ядра. Со временем с помощью цитогенетических методов можно будет регулировать уровень содержания и качество белка и клейковины, а также их аминокислотный состав в зерне различных сельскохозяйственных культур.

Почвенно-климатические условия могут существенно повлиять на количественную и качественную характеристики белкового комплекса сорта. Установлено, что чем больше количество осадков на протяжении вегетационного периода, тем меньше зерновка накапливает белка, но повышение уровня азотного питания в таких условиях способствует выравниванию белковости зерна.

Температурные условия вегетационного периода пшеницы (особенно в период формирования и налива зерна) существенно влияют на содержание и качество белков. В годы с сухим и жарким летом сила пшеничной муки значительно выше, чем в годы с обильными осадками и пониженной температурой.

В результате неблагоприятных условий при возделывании пшеницы (захват суховеями, ранние заморозки), нарушения основных технологических процессов и несвоевременного их проведения, воздействия насекомых-вредителей (клопов-че-

репашек), уборки в недозрелом состоянии и др. снижаются количество и качество клейковины. Клейковина, отмытая из такого зерна, расплывается, теряет упругость и при отлёжке превращается в сметанообразную массу, а выпеченный хлеб имеет малый объём, плохую пористость и липкий мякиш.

Свойства клейковины значительно ухудшаются при прорастании зерна на корню, в валках, на току или в складе. Она становится короткорвущейся и крошащейся, количество её снижается.

Белки клейковины очень чувствительны к повышенным температурам. При нагревании зерна до 50 °С клейковины отмывается мало, она легко крошится и рвется, при нагревании зерна до 60 °С и выше клейковина из него не отмывается.

Послеуборочное самосогревание влияет на цвет и упругость клейковины, может привести к полной потере хлебопекарных свойств партии зерна.

На количество и состав клейковины влияют степень раздробленности муки (её крупность), соотношение между количеством воды и муки при замесе теста, продолжительность и температура отлёжки теста. Увеличение продолжительности отлёжки теста, замешанного из муки, полученной из морозобойного и пересушенного зерна, значительно повышает выход клейковины.

Углеводы. Основной питательный и опорный материал растительных клеток и тканей – углеводы. Углеводы для живых организмов – главный источник калорий. В зерне обнаружены простые сахара, крахмал, клетчатка и слизистые вещества (неструктурированные полисахариды).

Содержание моно- и дисахаров колеблется от 2 до 7%. Они расположены в основном в зародыше и периферийной части зерновки. Сахара легко растворимы и хорошо поглощают воду, поэтому зародыш всегда содержит больше влаги, чем остальные части зерна. В недозрелом зерне моно- и дисахаров значительно больше, чем в полностью созревшем.

Сахара имеют определённое значение в хлебопечении: они необходимы для нормальной жизнедеятельности дрож-

жевых грибков при брожении. В процессе брожения дрожжи выделяют углекислый газ, который поднимает тесто. Таким образом, сахара обусловливают газообразующую способность теста. Кроме этого, оставшиеся после брожения сахара при выпечке карамелизуются и обусловливают окрашивание корочки (если нет или мало сахаров, корочка хлеба будет белая).

Крахмал состоит на 96–98% из полисахаридов двух типов – амилозы и амилопектина, которые различаются по физическим и химическим свойствам. Кроме того, в состав крахмала входят фосфорная кислота (до 0,7%) и некоторые жирные кислоты (пальмитиновая, стеариновая и др.). Крахмал в зерновке выполняет роль запасного питательного вещества: при недостатке сахаров во время прорастания зерна под действием фермента амилазы он гидролизуется и используется как моно- или дисахара.

В зерне крахмал содержится в виде крахмальных зёрен различного размера и формы. Каждая культура имеет свою форму крахмальных зёрен, что позволяет при анализе мучных смесей определять соотношение отдельных фракций. Физико-химические свойства крахмала зависят от размеров крахмальных зёрен и их молекулярной структуры.

Крахмал крупных зерновок имеет большую молекулярную массу и обладает большей набухаемостью при нагревании с водой. Крахмальные зёрна при нагревании в воде образуют крахмальный клейстер.

При выпечке хлеба крахмал клейстеризуется и поэтому содержит большое количество воды. В свежевыпеченном хлебе содержится около 50% воды, но хлеб кажется «сухим» потому, что крахмал удерживает воду. В процессе хранения хлеба молекулы воды от частиц крахмала переходит к белкам (белки имеют большую удерживающую силу). В результате крахмальные зерна уменьшаются в объёме, хлеб крошится, черствеет.

В свежем и черством хлебе воды содержится почти одинаковое количество, но в свежем хлебе вода удерживается крахмалом, а в черством – белками.

Клетчатка. Клетчатка содержится главным образом в цветковых оболочках и в стенках клеток алейронового слоя. В зерне различных культур от 2 до 11 % клетчатки. Это очень прочное химическое вещество, нерастворимое в воде и большинстве других растворителей. Молекулы клетчатки имеют нитевидную форму, которые с адсорбированными молекулами воды соединяются в пучки, называемые мицеллами. Клетчатка, как и крахмал, состоит из остатков молекул глюкозы.

Клетчатка практически не усваивается организмом человека, но она служит субстратом для микрофлоры кишечника, и при недостатке её в пище возникают многие патологические изменения: нарушается двигательная активность, могут появиться опухоли и другие поражения толстой кишки, сахарный диабет и атеросклероз.

Слизи. Они представляют собой полисахариды, чаще растворимые в воде. Содержание их от 0,5 до 7,4 % от сухого вещества и различно по культурам. Больше всего слизей в зерне ржи и, вследствие их высокой вязкости, зерно ржи размалывается труднее.

Жиры (липиды). Жиры объединяют большое количество разнообразных по составу веществ с общими признаками: гидрофобностью (нерастворимостью в воде) и растворимостью в органических растворителях (бензине, бензоле, хлороформе, эфирах). Незначительное количество масла находится в каждой клетке растительного организма, где оно является структурным элементом протоплазмы или запасным питательным веществом. Жиры – это органические соединения, полные сложные эфиры глицерина и жирных кислот. Содержание жиров в семенах и плодах растений колеблется в широких пределах – от 2 до 70 %. В растениях масла образуются из углеводов, особенно интенсивно этот процесс идёт в созревающих семенах. При прорастании семян масла расщепляются на составные части (глицериды и жирные кислоты) и из них образуются углеводы.

В организме часть жира соединена с другими составными веществами клетки и служит материалом, из которого постро-

ена протоплазма клетки (пластический или конституционный жир), и этот жир обусловливает проницаемость клеточных мембран для различных веществ. Часть жира находится в клетках в свободном виде (запасной или резервный жир) и является одним из важнейших источников энергии, используемой растениями в процессе жизнедеятельности.

Кислород воздуха, липолитические ферменты, а также жизнедеятельность некоторых микроорганизмов приводят к прогорканию природных жиров. Оно происходит в результате частичного гидролиза жиров и окисления жирных кислот с образованием перекисей, альдегидов, кетонов и других соединений.

Промежуточные продукты липолитического распада жиров (гидроперекиси жирных кислот) укрепляют клейковину, ускоряют созревание пшеничной муки, улучшают её хлебопекарные достоинства. В мукомольном производстве используют приём улучшения хлебопекарных достоинств пшеничной муки путем добавления в небольших количествах муки соевой или гороховой, которые содержат активную липоксигеназу. Одновременно к муке добавляют небольшое количество растительного масла. Хлеб становится более пышным (объем может увеличиться до 50%), мякиш становится белее (вследствие частичного распада красящих веществ).

Собственно жиры в расплавленном состоянии бесцветны, не имеют вкуса и запаха. Окраска, запах и вкус извлекаемых из растительных тканей жиров зависят от присутствия в них пигментов и пахучих веществ. Характерная особенность жиров – способность поглощать и удерживать различные пахучие вещества.

Растительное масло и продукты его переработки используются во многих отраслях пищевой промышленности (кондитерской, хлебопекарной, консервной), при изготовлении фармацевтических, косметических и лекарственных препаратов, моющих средств, олифы, лаков и красок, клеёнчатых материалов, пластмасс и многих товаров химической и текстильной промышленности.

При технохимическом анализе жиров чаще всего определяют: плотность, вязкость, температуру плавления и застывания, кислотное число (количество миллиграммов едкого калия, расходуемое на нейтрализацию свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира), число омыления (количество миллиграммов едкого калия, необходимое для омыления 1 г жира), йодное число (количество граммов йода, поглощённое 100 г жира). Йодное число указывает на температуру плавления масел. Чем выше йодное число, тем ниже температура плавления жира и тем более он пригоден для приготовления лаков, красок и олифы. Чем выше йодное число, тем легче окисляется данный жир.

В соответствии с технической классификацией, в основу которой положены жирно-кислотный состав и физико-химические свойства масел (плотность, способность образовывать высыхающие плёнки), растительные масла подразделяют на группы:

1) твёрдые:

– не содержащие летучих кислот (масло какао);

– содержащие летучие кислоты (кокосовое масло);

2) жидкие:

– не высыхающие и не образующие плёнок (касторовое масло);

– полувысыхающие, высыхающие с трудом (оливковое масло);

– высыхающие быстро (льняное масло);

– высыхающие очень быстро (тунговое масло).

В зависимости от использования растительные масла делят на пищевые (подсолнечное, соевое, арахисовое, горчичное) и технические (льняное, клещевинное, касторовое, рыжиковое, тунговое).

Воски. Это – сложные эфиры жирных кислот и высокомолекулярных одноатомных спиртов и углеводородов. Воски покрывают тонким слоем стебли, листья и плоды растений, предохраняя их от смачивания водой, высыхания и поражения микроорганизмами. Содержание восков в зерне очень мало,

они покрывают оболочки зерновки тончайшим слоем. При перемещениях зерновой массы, особенно с пониженной влажностью, восковая пленка быстро разрушается и зерно становится более уязвимым.

Минеральные вещества. Многочисленными исследованиями установлено, что в состав клеток растений входят все химические элементы, встречающиеся в неживой природе. Их можно разделить на три группы.

Макроэлементы. Встречаются в растениях в количестве от нескольких долей до 45 %. К макроэлементам относят: кислород, водород, углерод, азот, фосфор, кремний, калий, кальций, серу, магний, натрий, алюминий.

Микроэлементы. Обнаруживаются в растениях в количестве от десятых до сотых долей процента. В эту группу входят: марганец, бор, медь, цинк, бром, фтор, стронций, олово, никель, молибден, кобальт, йод, титан, рубидий.

Кроме того, в растениях встречаются *ультрамикроэлементы*, содержание которых исчисляется миллионными долями процента – это мышьяк, германий, свинец, золото, радий, ртуть, серебро и др.

Физиологическая роль минеральных веществ состоит в том, что они непосредственно влияют на обмен веществ и внутреннюю архитектонику клеток. Минеральные вещества оказывают токсическое и антитоксическое влияние на живые ткани и органы, выполняют функции катализаторов биохимических реакций, являются центрами электрических и радиоактивных процессов в растительных организмах, влияют на тургор и проницаемость клеток.

Недостаток, равно как и избыток, того или иного минерального вещества может спровоцировать серьёзные отклонения в развитии растений, их питательной ценности, проблемы с сохранностью продукции.

Зерно и продукты его переработки являются важными источниками поступления минеральных элементов с пищей в организм человека, в первую очередь фосфора, калия, магния, кальция, серы и железа.

Витамины. Все витамины имеют общие характерные особенности:

– синтезируются в основном в растениях;

– необходимы для всех жизненных процессов в малых количествах;

– не являются источником энергии и материалом для биосинтеза;

– недостаток их в организме человека, животного, растения или микроорганизма приводит к серьёзным заболеваниям.

Витамины обычно имеют два названия: одно – традиционное, другое – согласно химической номенклатуре (прил. 3). Витамины имеют различное химическое строение, но практически все они являются коферментами и при поступлении в организм превращаются в активные формы и включаются в процессы метаболизма.

Ферменты. В основе всех жизненных процессов лежит работа катализаторов белковой природы – ферментов. Ферменты ускоряют реакции в живой клетке при обычных температурах и давлении. Практически все химические процессы в растительном организме (так же как и в животном) осуществляются с обязательным участием ферментов: при прорастании и созревании зерна, при хранении и его переработке, при выпечке хлеба и переваривании пищи. Многие ферменты являются производными витаминов.

Известно более 3000 ферментов и все они действуют в строгой последовательности и узком диапазоне температур и реакции среды. Оптимальная активная реакция среды для большинства ферментов находится в широкой зоне pH – от 4,0 до 5,5.

Малейшие колебания температуры немедленно сказываются на функциях клетки и могут нарушить её жизнедеятельность. Оптимальная температура, при которой активность ферментов наиболее высока, – 40–50 °С. При температуре, близкой к нулю, ферментативные реакции полностью прекращаются. При повышении температуры выше оптимальной скорость ферментативных реакций снижается, а затем реакция вовсе останавливается – происходит разрушение (дена-

турация) белка, входящего в состав фермента. Белки в сухом состоянии разрушаются значительно медленнее, чем белки оводнённые, поэтому в практике работы с зерном наблюдается большая устойчивость сухого зерна к повышенной температуре с сохранением биологических и технологических свойств по сравнению с увлажнёнными.

Пигменты. Зёрна различных культур имеют неодинаковую окраску, которую придают им красящие вещества – пигменты. Все красящие вещества зерна делят на три группы: жирорастворимые пигменты – *хлорофиллы и каротиноиды*; не растворяющиеся в жирах пигменты – *антоцианы, флавоноиды и флавоны*; красящие вещества, которые образуются в результате взаимодействия соединений, входящих в состав зерновки – *меланины, меланоидины* и др.

Цвет отражает природные свойства зерна, степень его зрелости, видовые и сортовые различия. Цвет часто используют для ботанической и технологической классификации зерна. Изменение окраски зерновки в период хранения, подработки и переработки зерна – результат окислительного распада пигментов и говорит о возможных изменениях структурных и оптических характеристик продукта. Обесцвечивание приводит к ухудшению товарных и технологических свойств зерна: уменьшаются плотность и натура зерна, ухудшается качество клейковины, понижается стойкость партии продукции при хранении. В некоторых случаях в обесцвеченном зерне образуются токсины.

Токсические вещества. Научно-технический прогресс наряду с положительными и жизненно необходимыми результатами влечет за собой и отрицательные последствия, связанные с загрязнением окружающей среды. Огромное количество токсических веществ поступает в организм человека с пищевыми продуктами, в том числе и с зернопродуктами. За последние десятилетия содержание токсических элементов в продуктах питания возросло более чем в 3 раза.

Проблема рациональной системы защиты человека и животных от чужеродных соединений (ксенобиотиков) весьма

актуальна. Токсические вещества разрушают биологические системы в воде, воздухе, почве и растениях. Многие соединения сами по себе нетоксичны, но в крови человека или животного образуют новые соединения, которые являются сильными ядами. В настоящее время интенсивно проводятся серьёзные исследования по усвоению и превращению растениями различных токсических соединений, особое внимание уделяется метаболизму пестицидов, микотоксинов, тяжелых металлов, канцерогенов. Изучаются дозы ксенобиотиков: метаболическая, угнетающая (ингибирующая) и летальная (смертельная). Большинство применяемых в сельском хозяйстве препаратов не исследованы на мутагенность (около 90 %), на канцерогенность – 65 %, недостаточно методик и приборов для обследования продукции на микотоксичность и радиоактивность.

Все токсические вещества можно объединить в группы:

– остаточные соединения пестицидов и нитраты;

– соли тяжёлых металлов;

– микотоксины;

– канцерогены и радионуклиды.

Пестициды – большая группа химических средств защиты растений: препараты для уничтожения сорных растений – гербициды; для борьбы с насекомыми – инсектициды; для защиты от клещей – акарициды; избавиться от грызунов помогают зооциды; от болезней, вызванных микроскопическими грибами, защищают фунгициды.

Многие пестициды являются источниками тяжёлых металлов, изменяют содержание микро- и макроэлементов в растениях и плодах, что затрудняет хранение собранного урожая, ведет к изменению пищевой ценности и вкусовых качеств конечного продукта. Большинство пестицидов могут накапливаться в организме растения, животных, человека и передаваться по пищевым цепям.

Содержание ряда элементов, входящих в состав пестицидов (меди, свинца, мышьяка и др.), нормируется санитарными нормами, так как чрезмерные дозы их соединений могут вызвать отравления людей и животных.

Нитраты – это обязательный компонент химического состава растений, одно из звеньев белкового синтеза. Нарушения ритма биосинтеза, вызванные различными стрессовыми факторами (недостаток освещенности, несбалансированное минеральное питание, недостаток или избыток влаги, повышенная кислотность почвы, излишняя загущённость посевов и др.), способствуют накоплению значительных запасов нитратов в органах растений. Такая продукция плохо хранится.

При употреблении продуктов с повышенным содержанием нитратов у человека наблюдаются понос, удушье, синеватый оттенок кожи, повышение температуры. Взрослый человек легко переносит поступление в организм нитратов до 150–200 мг в день, грудной ребёнок – 10 мг в день. Доза более 600 мг в день смертельна для большинства людей.

Источниками *тяжёлых металлов* являются промышленные выбросы (водные, газовые), выхлопные газы автомобилей и самолетов, выбросы ТЭЦ, домовых печей и др. Ежегодно в биосферу попадает около 345 млн т железа, 4,8 – меди, 2,5 млн т свинца и около 10 тыс. т ртути. Большая часть ядовитых соединений оседает вокруг источника загрязнения, но движущиеся источники рассеивают их на значительных территориях.

Много солей тяжёлых металлов накапливается в оболочках и в прилегающих к ним слоях зерновок и плодов. Наблюдаются сортовые различия по способности растений накапливать и расщеплять токсические вещества (от 2 до 26 раз).

Микотоксины – это яды, выделяемые некоторыми видами микроскопических грибов семейств *Aspergillus* и *Penicullum*, которые вызывают разрушения печени с нарушением кроветворных функций. На сочной продукции может поселяться более 200 видов, на зерне и зернопродуктах – около 60 видов микотоксичных грибов. Наиболее интенсивно заселение микотоксичными грибами растительных объектов происходит в зоне повреждений покровных тканей и при самосогревании. Большинство микотоксинов накапли-

ваются в организме хозяина, не разрушаются при тепловой обработке и хранении. Внешних признаков образования микотоксинов и их накопления нет, возможен только горький вкус в зоне повреждения.

Один из наиболее опасных микотоксинов – патулин (сильный канцероген). Микроскопические грибы, выделяющие патулин, поселяются в местах повреждений на плодах семечковых культур: яблоках, грушах, айве. Токсические свойства патулина сохраняются даже в консервах (варенье, повидло, джем).

Канцерогены – большая группа веществ различного происхождения: минерального (свинец), химического (некоторые пестициды), микробиологического (патулин), органического (бензипирен). Бензипирен (бенз-а-прен) образуется при тепловой обработке растительного и животного сырья, особенно при соприкосновении с нагреваемой поверхностью и дымом. Содержание бензипирена в корочке хлеба в несколько раз больше, чем в мякише. Много его образуется при сушке зерна, особенно если этот процесс идет с несоблюдением параметров сушки или при использовании сушилок старого образца, где в качестве топлива применяют бурый уголь и мазут.

Источниками радионуклидов могут быть не только атомные станции, но и некоторые приборы, особенно неисправные.

Содержание большинства ядовитых веществ в продуктах питания человека и в кормах для животных контролируется и ограничивается предельно допустимыми концентрациями (ПДК).

Оценку продукции на безопасность можно провести по универсальной формуле Аверьянова:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1; \qquad (1)$$

где C_1; C_2 и C_n – концентрации токсических соединений;

$ПДК_1$; $ПДК_2$ и $ПДК_n$ – предельно допустимые концентрации соответствующих веществ.

Контрольные вопросы

1. Чем характеризуются белки, каковы их свойства и роль в живой клетке?

2. Что такое клейковина? Её значение, состав и свойства.

3. Какая пшеница называется сильной, средней, слабой и в чём заключается смесительная ценность зерна пшеницы?

4. Как проявляется биологическое действие витаминов?

5. Что такое ферменты и каково значение ферментов для живых организмов?

6. Значение углеводов. Классификация углеводов, входящих в состав зерна.

7. Общие признаки липидов, их изменения в процессе хранения зерна.

8. Классификация минеральных веществ, входящих в состав зерна, их значение для процессов, происходящих в зерне.

9. Что такое влажность зерна? Её значение для хранения и переработки.

10. Чем различаются и какое значение имеют разные виды влаги в зерне – свободная, связанная, равновесная?

11. Группы токсических веществ.

12. Формула Аверьянова.

13. Какие металлы называют тяжёлыми? Каково их влияние на качество и сохранность сельскохозяйственной продукции?

14. Что такое микотоксины? Где и при каких условиях они появляются?

15. Основные представители группы канцерогенов.

16. Признаки отравления нитратами.

4. СОЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ КАК ОБЪЕКТ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ

Плоды и овощи – особая группа растительного сырья. Отличаются плоды и овощи от зерновой продукции тем, что они имеют высокое содержание воды, в среднем 80–90 %. У салата, редиса и огурца содержание воды может достигать 93–97 %. Если в клетках плодов и овощей снижается содержание влаги на 3–7 %, то сразу же утрачивается их свежесть, а это один из главных товарных признаков сочной продукции.

Научными исследованиями установлены нормы потребления плодов и овощей, согласно которым годовая потребность одного человека в картофеле – 110 кг, овощах – 122, бахчевых культурах – 31, плодах и ягодах – 106 кг. Плоды и овощи – обязательная составляющая часть рациона человека и потреблять их лучше в свежем виде.

Вода с растворенными в ней питательными и физиологически активными веществами представляет собой клеточный сок. В клеточном соке в растворённом виде присутствуют многие полезные компоненты, что повышает усвояемость плодоовощной продукции.

Вода способствует стабилизации внутритканевых процессов плодов и овощей при хранении их в охлаждённом состоянии. Клеточный сок имеет более низкую температуру замерзания, чем чистая вода, и поэтому сочная продукция довольно устойчива к переохлаждению. Кроме того, в период холодильного хранения плоды и овощи способны часть энергии дыхания тратить на поддержание постоянной температуры внутри тканей, что тоже повышает их холодоустойчивость.

Вода клеточного сока – это свободная вода. Она непрочно связана с тканями растений и легко испаряется при повышенных температурах. Другая часть воды (около 10–15 %) удерживается растительными коллоидами и с трудом удаляется при сушке (связанная вода). Остальную часть плодов и овощей, в среднем 10–20 %, представляют сухие вещества.

Сухие вещества подразделяют на растворимые и не растворимые в воде. Сухие вещества определяют главным обра-

зом механическую прочность тканей, их консистенцию, цвет кожицы. Содержание **растворимых сухих веществ** колеблется от 5 до 18%. К ним относят: углеводы (главным образом сахара), азотистые вещества, кислоты, витамины, дубильные вещества, растворимые формы пектинов, ферменты, минеральные вещества. Роль растворимых сухих веществ в пищевом и технологическом отношениях очень велика.

Углеводы – основной энергетический материал. Содержание их в плодах и овощах не слишком велико (до 25% у винограда), но простые углеводы практически полностью и очень быстро усваиваются человеческим организмом, что обусловливает их исключительную роль в питании человека. В сочной продукции содержатся *моно-, ди- и полисахариды*. Преобладают простые сахара – фруктоза (плодовый сахар), глюкоза (виноградный сахар), сахароза (свекловичный сахар). Сахара очень гигроскопичны, особенно фруктоза, поэтому сушеные фрукты необходимо хранить в помещениях с пониженной влажностью или в герметичной упаковке.

Сахара – основа всего обмена веществ в растениях. Они участвуют в процессах дыхания, дают энергию и большое количество продуктов, которые используются плодами для различных синтезов, в том числе и при послеуборочном дозревании.

При сильном и длительном нагревании происходит карамелизация сахаров с образованием продуктов темно-коричневого цвета (переваренное варенье).

Сахара могут образовывать с аминокислотами и белками темноокрашенные продукты – меланоиды. Например, при хранении картофеля и других сочных объектов при пониженной температуре происходит накопление большого количества сахаров, и они вступают в сложные многоступенчатые реакции образования меланоидов. В результате наблюдается неферментативное потемнение мякоти, что резко снижает потребительские и технологические характеристики сырья.

Вкусовое ощущение сладости проявляется в зависимости от вида и концентрации сахара. Фруктоза – наиболее сладкий

сахар, глюкоза – менее сладкий. При созревании плодов наблюдается изменение соотношения сахаров, и при практически неизменном их содержании вкус плода изменяется.

Пектиновые вещества – это несколько групп высокомолекулярных соединений углеводной природы. Различают протопектины, пектины, пектовую кислоту и её соли – пектаты. Пектиновых веществ в плодах и ягодах довольно много – от 0,2 до 1,8 %. Особенно много пектиновых веществ в яблоках, абрикосах, сливах, черной смородине, крыжовнике. В овощах содержание пектиновых соединений меньше: от 0,1 % в картофеле до 1,0 в тыкве.

Пектиновые вещества в присутствии сахара и органических кислот способны образовывать желе. Хорошо образуется желе из яблок, цитрусовых, слив, персиков, черной и красной смородины, облепихи, слабо – из плодов вишни, груши, винограда. Для получения плотного желе применяют добавки солей кальция.

Разрушение плодов и овощей при варке и стерилизации связано с расщеплением пектиновых веществ. Чем выше кислотность клеточного сока, тем быстрее разваривается плод. При переработке некоторых видов сырья иногда снижают кислотность тканей при помощи питьевой соды. Разваривание плодов уменьшается с возрастанием концентрации сахара.

Установлено защитное действие пектиновых веществ при радиоактивном поражении, которое можно объяснить, по-видимому, связыванием радиоактивных элементов молекулами пектина.

Значение пектиновых веществ в кондитерской и консервной промышленности трудно переоценить. В настоящее время организовано производство пищевого пектина из жома сахарной свёклы и яблочного сырья.

Плоды и овощи бедны ***азотистыми соединениями***: их общее количество колеблется в пределах 0,2–1,5 % у плодов и ягод и 1,0–2,2 % в среднем для овощей. Некоторые виды овощных культур отличаются повышенным содержанием азотистых веществ. Например, в зеленом горошке их содержание

может достигать 6,6 %, в капусте брюссельской – 5,3, цветной – 2,5, в шпинате – 2,3 %. На 30–50 % азотистые соединения в плодоовощной продукции представлены белками, в клубнях картофеля количество белков около 60 %.

Белки плодов и овощей считаются полноценными, они хорошо усваиваются организмом человека и животных. При хранении и переработке комплекс азотистых веществ у плодов и овощей подвергается существенным превращениям. В частности, белки могут подвергаться ферментативному и кислотному гидролизу с образованием различных аминокислот. Затем аминокислоты могут распадаться с образованием аммиака или аминов. При дальнейшем превращении из аминокислот и аминов образуются продукты их конечного распада: аммиак, сероводород, меркаптан, которые обладают неприятным запахом и свидетельствуют о гнилостных процессах и порче продукции.

Ферменты играют очень важную роль в процессах, протекающих во время хранения и переработки плодов и овощей, и часто определяют качество продуктов. Под действием полифенолоксидазы в плодах может происходить окисление полифенолов с образованием темноокрашенных веществ (появляются зоны потемневших тканей). Фермент амилаза при пониженной температуре хранения расщепляет крахмал до сахаров, и клубни картофеля приобретают сладковатый привкус.

Выделение ферментов из живых тканей и использование их в технологических процессах хранения и особенно переработки сельскохозяйственного сырья – важное современное направление в пищевой промышленности. Эффективность действия ферментных препаратов определяется как их составом, так и особенностями обрабатываемого сырья.

Органические кислоты могут находиться в составе плодов и овощей в свободном и связанном состоянии. Их содержание в соотношении с сахарами определяет вкус продукции, её технологические характеристики. Органические кислоты плодов, овощей и продуктов их переработки активизируют

выделение пищеварительных соков и способствуют хорошему усвоению других компонентов пищи.

Больше всего в плодоовощной продукции содержится яблочной, лимонной и винной кислот, меньше – щавелевой, уксусной, молочной, салициловой, бензойной, кофейной, хинной и хлорогеновой кислот. От кислотности плодов и овощей зависит выбор режима тепловой обработки при их консервации. Микроорганизмы быстрее гибнут в кислой среде, поэтому для плодов и ягод с высокой кислотностью применяют пастеризацию (выдерживание консервируемой продукции при температуре 80–85 °С). Малокислотные плоды и почти все овощи необходимо обрабатывать при температуре 100 °С и выше.

Органические кислоты – связующее звено в метаболизме органических веществ в растениях. От того, в каком направлении протекают процессы превращения во время послеуборочного дозревания и в период покоя, зависит ход многих синтезов, устойчивость продукции к вредителям и болезням, возникновение или отсутствие физиологических расстройств.

Дубильные вещества – это высокомолекулярные соединения (молекулярная масса – 500–3000) плодов и овощей. Дубильные вещества повышают устойчивость плодоовощной продукции к фитопатогенной микрофлоре, придают ей специфический привкус, от их присутствия зависят процессы осветления сока.

Дубильные вещества легко окисляются на воздухе и в результате образуются темноокрашенные вещества – флобафены. Флобафены обусловливают потемнение на воздухе разрезанных или повреждённых плодов. Предотвратить потемнение можно разными способами: измельченную продукцию опустить в холодную подсолённую воду (1,5%-й раствор) либо бланшировать (дольки подготовленной продукции опустить на 1–2 мин в кипящую воду или обработать их паром). В промышленных условиях потемнение плодов чаще всего предотвращают обработкой плодов SO_2.

Гликозиды и алкалоиды – вещества, многие из которых обладают токсическим действием на организм человека и животных. Гликозиды присутствуют во многих растениях и придают им специфический вкус и аромат. Часто наличие гликозидов обусловливает устойчивость некоторых культур к фитопатогенной микрофлоре.

Амигдалин содержится в семенах косточковых и семечковых культур. В результате ряда превращений амигдалин образует синильную кислоту – сильнейший яд.

Вакциниин, обнаруженный в бруснике и клюкве, придает их плодам высокую устойчивость к микроорганизмам, в том числе молочно-кислым бактериям и дрожжам. При хранении брусники и клюквы залитыми холодной водой не наблюдается молочно-кислого брожения, а брусничный и клюквенный сок не сбраживаются.

Соланины присутствуют во многих растениях семейства паслёновых (картофеле, баклажанах, незрелых томатах). С соланином связана устойчивость клубней картофеля к фитопатогенным микроорганизмам. Выдерживание семенного картофеля на свету значительно повышает концентрацию соланина в корковой части клубня. Такой картофель лучше хранится и дает более высокий урожай в потомстве. Употребление в пищу картофеля с повышенным (более 0,02 %) содержанием соланина может вызвать отравление.

Синигрин – гликозид, встречающийся в семенах горчицы и хрене. Под действием ферментов от синигрина отщепляется эфирное масло, жгучее на вкус.

Алкалоиды – азотсодержащие вещества, обладающие сильным физиологическим действием на организм человека и животных. К ним относится кофеин, содержание которого в зернах кофе достигает 1,5 %, в листьях чая – 5,0 % и теобромин, который присутствует в бобах какао в количестве около 2,0 %. Эти вещества обладают возбуждающим действием и улучшают сердечную деятельность.

К алкалоидам относится и никотин табака.

Минеральные вещества. В плодоовощной продукции содержатся как макро-, так и микроэлементы, роль которых в жизнедеятельности растений очень многогранна. Они способны образовывать соединения с белками и нуклеиновыми кислотами, выступают как активаторы ферментативных реакций, могут входить в состав ферментов либо создавать определённую среду или промежуточные соединения, способствующие взаимодействию фермента и субстрата.

Для плодов и овощей наиболее важны кальций, калий, натрий, фосфор и железо. Для нормального прохождения процессов обмена веществ растительным организмам требуются марганец, магний, молибден, йод, бор, цинк, медь. Отсутствие, недостаточное содержание какого-либо элемента или нарушение соотношения между отдельными минеральными веществами могут вызвать функциональные расстройства в плодах и овощах при хранении, ухудшить технологические характеристики плодоовощного сырья при переработке.

Нерастворимые сухие вещества составляют от 2 до 5% от массы всех сухих веществ – это целлюлоза и гемицеллюлоза, крахмал, пигменты, не растворимые в воде витамины, эфирные масла, воски, жиры и др. Некоторые нерастворимые вещества не усваиваются организмом человека и животных, но они необходимы для нормальной перистальтики кишечника и отделения желудочного сока. Кроме того, в их присутствии улучшается усвоение других компонентов пищи. Например, целлюлоза и гемицеллюлоза служат субстратом для кишечной микрофлоры и при их недостатке в пище серьёзно страдает процесс пищеварения.

Целлюлоза – это цепь из 2–10 тыс. остатков молекул глюкозы, из неё построены клеточные стенки растительных тканей. Содержание целлюлозы в плодах колеблется от 0,5 до 2,0, в овощах – от 0,2 до 2,8%. Прочность целлюлозы, входящей в состав покровных тканей, обеспечивает транспортабельность и лёжкоспособность плодов и овощей при хранении. Установлено, что при хранении продукции клетчатка не претерпевает каких-либо изменений. Химическая стойкость

целлюлозы очень высока, она не растворяется в воде даже при кипячении, что способствует сохранению формы плодов и овощей при консервировании.

Гемицеллюлозы – высокомолекулярные соединения, которые вместе с клетчаткой образуют клеточные стенки. Содержание их в плодах и овощах колеблется в пределах от 0,2 до 3,1%. Гемицеллюлозы химически менее стойки, но в воде, как и целлюлоза, нерастворимы. По составу гемицеллюлозы ближе к пектиновым веществам и во время переработки существенно влияют на качество готового продукта.

Крахмал – основное запасное питательное вещество многих растений. В клубнях картофеля его содержание колеблется от 10,0 до 18,7%, в других овощах и плодах крахмала значительно меньше. В семенах зелёного горошка и фасоли при перезревании количество крахмала резко возрастает (до нескольких процентов), одновременно сокращается содержание сахаров, продукт огрубевает, вкус его ухудшается.

Крахмал – высокомолекулярный полисахарид, молекула которого состоит из большого числа остатков молекулы глюкозы. В растениях идет ферментативный распад крахмала, продукты которого становятся источником и основным материалом для биосинтеза. В промышленности при ферментативном гидролизе крахмала получают патоку и спирт, а из него – искусственный каучук и другую важную в народном хозяйстве продукцию.

В растительных клетках крахмал находится в виде зёрен, причём у каждой культуры они имеют определённый размер и форму. В картофеле зёрна крахмала представляют собой крупные сферические тела неправильной формы диаметром до 100 мкм (среднее значение – 12–35 мкм). Кулинарные свойства картофеля во многом определяются содержанием в нём крахмала: чем больше крахмала, тем лучше клубни развариваются. В процессе хранения картофеля крахмальные зерна уменьшаются в размере, из-за чего снижается разваривае-мость и мучнистость варёного картофеля.

При пониженных температурах в период хранения картофеля снижаются его технологические характеристики: чипсы из такого картофеля будут иметь более тёмную окраску.

Эфирные масла – жирорастворимые летучие вещества, обусловливающие аромат плодов и овощей. Общее содержание эфирных масел существенно зависит от вида продукции и варьирует от 0,0007% в персиках до 6,0 в семенах тмина. Как правило, в каждой культуре присутствует какое-либо одно эфирное масло и сосредоточено оно в соцветиях, семенах или корневищах.

Некоторые эфирные масла или их метаболиты являются бактерицидами, они задерживают рост и могут вызвать гибель многих видов микроорганизмов. Вещества растений, обладающие бактерицидным действием, называют фитонцидами. Подобные соединения содержатся в луке, чесноке, хрене, петрушке, укропе, сельдерее, горьком перце и других пряных растениях.

Пряные растения не только обусловливают специфический вкус и аромат продукции при консервировании, но и препятствуют развитию процессов гниения.

К эфирным маслам близок по химическому составу *фарнезен* – вещество, которое накапливается по мере старения яблок. Окисление этого вещества обусловливает возникновение «загара» плодов при хранении.

Воски и жиры. Воски – это сложные эфиры многоатомных спиртов и жирных кислот, в их состав могут входить и другие высокомолекулярные углеводороды. Все воски химически устойчивы и при обычной температуре плохо растворимы даже в сильных органических растворителях. Они растворяются в растворах щелочей при нагревании, что используется при сушке слив и винограда.

Воски, являясь жироподобными соединениями, покрывающими эпидермис плодов и листьев, выполняют защитную роль. Они предохраняют органы растений от испарения влаги и проникновения излишнего количества воды, от внедрения фитопатогенных микроорганизмов. Восковой слой на поверх-

ности эпидермиса очень тонок и при уборке, закладке продукции на хранение легко повреждается, эффективность его при этом резко снижается. Чтобы сократить потери при хранении, на поверхность многих видов плодов наносят восковые и масляные эмульсии специального состава, в частности пластифицированный парафин. Большинство составов таких покрытий запатентовано и содержится в строгой тайне фирмами-производителями.

Жиров в плодах и овощах содержится очень мало. В значительных количествах они присутствуют в семенах бахчевых – до 60%. Много масла в плодах (до 8%) и семенах (до 12%) облепихи. В нем содержится до 100 мг% каротина и до 120 мг% витамина Е. Масло облепихи обладает хорошими регенерирующими свойствами, его применяют при ожогах и других видах повреждений покровных тканей у человека и животных.

Пигменты в плодах и овощах встречаются как растворимые, так и не растворимые в воде. К пигментным веществам клеточного сока можно отнести антоцианы, кверцетин. К жирорастворимым пигментам относят хлорофилл и каротиноиды.

Кверцетин – красящее вещество жёлтого цвета. Его много в чешуях лука репчатого, хмеле, чае.

Антоцианы придают плодам и овощам разную окраску, которая может изменяться в зависимости от pH среды, наличия металлов и других условий. При консервировании плодов и овощей следует уделять внимание соблюдению условий переработки, так как нарушение некоторых параметров технологического процесса может привести к изменению цвета конечного продукта. Очень быстро обесцвечиваются консервированные продукты из малины, земляники, вишни в стеклянной таре на свету, поэтому их необходимо хранить в темных помещениях.

Жирорастворимые пигменты, так же как антоцианы, обусловливают изменение окраски плодов и овощей. По мере созревания плодов происходят взаимные превращения пигментов, так, содержание хлорофилла в плодах уменьшается, но

возрастает количество каротиноидов. Это превращение можно наблюдать при созревании яблок, когда окраска их из зелёных и бело-зелёных тонов постепенно переходит в оранжевые или ярко-красные.

При консервировании и кулинарной обработке изменение цвета продукта также связано с превращениями хлорофилла. При длительной варке, и особенно в кислой среде, магний хлорофилла замещается водородом и окраска из зелёной становится бурой.

Каротиноиды – это довольно большая группа пигментов, физиологические функции которых до конца ещё не изучены. Наиболее исследованы каротин, ксантофилл и ликопин.

Каротин – провитамин А – существует в трёх формах, но наиболее распространен β-каротин. Жёлтая окраска моркови, персиков, абрикосов обусловлена высоким содержанием каротина. Каротин содержится и в листовых овощах, но там его цвет маскируется хлорофиллом, листья кажутся зелёными.

Ксантофилл – продукт окисления каротина, имеет желтую окраску. Его аналоги содержатся в кожуре цитрусовых и обусловливают их окраску.

Ликопин – изомер каротина, особенно много его в плодах созревших томатов. Лучше всего биосинтез ликопина осуществляется при хорошем доступе кислорода и температуре 22–24 °С. При отклонении температуры от оптимальных значений в обе стороны образование ликопина замедляется, окраска плодов может оставаться желтой, хотя остальные показатели зрелости плодов могут присутствовать.

Витамины в большинстве синтезируются в растительных организмах, а плоды и овощи содержат их в больших количествах, чем другие представители растительного мира. Витамины, содержащиеся в плодоовощной продукции, подразделяют на две группы: растворимые и не растворимые в воде. Водорастворимые витамины, как правило, участвуют в окислительно-восстановительных процессах распада органических веществ. Действие витаминов, растворимых

в жирах, проявляется медленнее и оказывает влияние на процессы роста, размножения, устойчивости организма к неблагоприятным факторам.

Нарушение витаминного баланса в растительном организме может привести к серьёзным отклонениям в росте и развитии растений, снижается их устойчивость при хранении, ухудшаются технологические характеристики сырья.

Содержание витаминов в плодах и овощах при хранении и переработке, как правило, снижается. Причем потери у лёжких сортов меньше, чем у нелёжких, при одинаковых условиях хранения. При термическом способе консервирования потери витаминов могут достигать 70–100 %, в особенности в присутствии кислорода, а также на свету. В условиях медленного нагревания разрушение витаминов происходит интенсивнее по сравнению с кратковременным тепловым воздействием. Особенно велики потери витаминов при сушке (до 70 % и более). Наилучшим образом витамины сохраняются при быстром замораживании плодов и овощей и последующем хранении их при отрицательной температуре.

Контрольные вопросы

1. В чём главные отличия сочной продукции как объекта хранения?

2. Основные вещества из группы углеводов, их значение в практике хранения.

3. Какова роль ферментов при хранении и переработке сочной продукции?

4. В результате какого процесса в плодах и овощах образуются флобафены и как предотвратить потемнение плодов при переработке?

5. Какая группа химических веществ повышает устойчивость плодов и овощей к фитопатогенной микрофлоре?

6. Значение восков и жира при хранении плодоовощной продукции.

7. Каковы последствия нарушения витаминного баланса в растительном организме?

5. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В РАСТИТЕЛЬНЫХ МАССАХ ПРИ ХРАНЕНИИ

В зерне и других продуктивных частях растений после отделения от материнского растения какое-то время продолжаются физиологические процессы, характерные для данного вида: дыхание, послеуборочное дозревание, покой, прорастание. В хранящейся массе могут проявлять активную жизнедеятельность и другие компоненты, не относящиеся к основной культуре (зерна и семена различных растений, микроорганизмы, насекомые, клещи), у них наблюдаются газообмен, питание, размножение. В результате происходит потеря массы сухих веществ основной культуры, ухудшаются посевные, товарные и технологические свойства, наблюдается повышение температуры массы. Искусство хранения растительных масс состоит в умении регулировать указанные процессы и не допускать развития нежелательных явлений.

Без знания основных физиологических процессов, проходящих в растительных массах в различные периоды хранения, невозможно добиться высокой сохранности продукции на протяжении длительного времени.

Дыхание. Жизнь любого организма связана с постоянными затратами энергии, необходимой для разнообразных синтетических реакций, обмена веществ, роста и развития организма. Источником энергии для всех организмов в период хранения является дыхание – процесс ферментативного окисления углеводов или других органических веществ до воды и диоксида углерода (углекислого газа) с выделением энергии. Во время дыхания потребляется кислород и выделяется CO_2, происходит расщепление основных продуктов фотосинтеза с использованием заключённой в них энергии. Дыхание – это сложный многоступенчатый процесс, промежуточные продукты которого служат исходным материалом для ряда синтетических реакций.

В зависимости от условий внешней среды в хранящихся массах растительного происхождения могут протекать аэробное

(с использованием кислорода воздуха) или анаэробное (с использованием кислорода внутренних связей) типы дыханий.

Аэробное дыхание протекает по суммарному уравнению

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O + 2763{,}4 \text{ кДж}.$$

Суммарное уравнение химических превращений при анаэробном дыхании

$$C_6H_{12}O_6 = 2CO_2 + 2C_2H_5OH + 114{,}8 \text{ кДж}.$$

Дыхание вызывает большие изменения в хранящемся зерне и зерновой массе, в плодах и овощах. В результате расходования органического вещества (глюкозы) происходит уменьшение сухой массы хранящейся продукции. В табл. 5 приведены данные опытов по хранению зерна с влажностью 16,5% при 25 °С. Если принять во внимание, что хранятся огромные массы растительной продукции, то потери от дыхания, так называемая естественная убыль, могут достигать значительных величин.

Таблица 5

Потери массы органического вещества при дыхании

Продолжительность хранения, сут	Потери,% сухого вещества			
	овса	кукурузы	пшеницы	гречихи
45	0,15	0,12	0,04	0,02
90	0,26	0,19	0,07	0,03

Важное следствие дыхания – выделение тепла. Растительные массы обладают плохой теплопроводностью, поэтому тепло, выделяющееся при интенсивном дыхании, аккумулируется в массе, что способствует усилению дыхания, повышению температуры и возникновению процесса самосогревания.

В результате дыхания изменяется состав воздуха в межзерновом и межклубневом пространстве – содержание кислорода уменьшается, а CO_2 накапливается. Отмечены случаи накопления в воздухе межзернового пространства до 15% CO_2 (обычно в воздухе содержится около 0,03% этого газа).

Интенсивное дыхание способствует повышению влажности хранящейся продукции, так как выделяющиеся пары воды

не всегда успевают испариться. Повышенная влажность объекта также способствует возникновению процесса самосогревания.

Тип и интенсивность дыхания хранящегося сырья зависят от ряда факторов: влажности и температуры объекта хранения, состава окружающей среды (степени аэрации), а также качества и физиологического состояния продукции. Для определения интенсивности дыхания используют различные аппараты.

Влажность. Чем она выше, тем интенсивнее дыхание. Это явление связано с повышением газообмена тканей зародыша и других частей зерновки при повышении содержания воды (табл. 6). Различают четыре состояния зерна по влажности: сухое (влажность равна или менее 14,0 %), средней сухости (влажность от 14,0 до 15,5 %), влажное (влажность от 15,5 до 17,0 %) и сырое (влажность более 17,0 %). Потери сухого вещества у влажного зерна больше, чем у зерна средней сухости, при одинаковой температуре: у пшеницы – в 4–8 раз, у овса – в 2–5, у гречихи – в 1,5–3 раза. У сырого зерна интенсивность дыхания, а следовательно, и расход сухого вещества ещё больше.

Таблица 6

Дыхательный газообмен зерна пшеницы в зависимости от влажности (по А. И. Смирнову)

Влажность зерна,%	1 кг зерна за 1 ч при 25 °С, мг		CO_2/O_2 (ДК)
	поглощено O_2	выделено CO_2	
18	2,92	5,75	1,97
25	53,21	57,98	1,09
30	92,55	90,59	0,98

У зерна с влажностью около 14 % интенсивность дыхания минимальная, так как при этом наблюдается в основном анаэробное дыхание. Влажность продукции, при которой появляется свободная вода и возрастает интенсивность дыхания, называется *критической*. Для большинства сельскохозяйственных культур критическая влажность близка к 14 %, а способ хранения при влажности, равной или менее 14 %, называется «хранение в сухом состоянии».

Температура. При температурах, близких к нулю, дыхание сильно замедляется, по мере повышения температуры его интенсивность резко возрастает и при 50–55 °С достигает максимума. При дальнейшем повышении начинается денатурация белков-ферментов, отвечающих за дыхание, его интенсивность падает и продукция погибает. Пониженные температуры часто используют в практике хранения, а способ называется «хранение в охлаждённом состоянии».

Состав газовой среды. Характер и интенсивность дыхания в значительной степени зависят от состава окружающей среды. Только в присутствии кислорода идёт аэробное дыхание. При длительном хранении без перемещения продукции и искусственного продувания в межзерновых и межклубневых пространствах создаются условия для накопления диоксида углерода и потери кислорода. Изменения состава газовой среды могут быть в определённых случаях нежелательны, но могут быть использованы или даже искусственно созданы при организации длительного хранения и зерновой продукции, и плодоовощной. Способ хранения, при котором изменения состава газовой среды используются сознательно, называется «хранение в регулируемых газовых средах».

Качество продукции. Чем хуже исходное качество продукции, закладываемой на хранение, тем интенсивнее она дышит и тем труднее её хранить. Нормальное зерно дышит слабее, чем морозобойное или с другими признаками повреждений. Тесная положительная корреляция между интенсивностью дыхания при хранении и прочностью покровных тканей установлена для многих видов плодов и овощей.

Физиологическое состояние зерна, плодов и овощей также влияет на интенсивность дыхательного процесса. Продукция, не прошедшая послеуборочного дозревания, дышит значительно интенсивнее, чем та, у которой этот процесс завершился.

Для характеристики процесса дыхания имеет большое значение такой показатель, как *дыхательный коэффициент* (ДК). Его определяют как отношение объёма выделенного при

дыхании диоксида углерода к объёму поглощаемого кислорода. Дыхательный коэффициент нормального зерна равен единице. Это объясняется тем, что аэробное дыхание протекает в точном соответствии с уравнением дыхания. Если дыхательный коэффициент больше единицы, это означает, что диоксида углерода выделяется больше, чем поглощается кислорода, т.е. наряду с аэробным процессом происходит и анаэробный. Сухое зерно с влажностью 12–14% имеет дыхательный коэффициент 1,2–1,3; у зерна с повышенной влажностью дыхательный коэффициент меньше единицы (см. табл. 6).

Свежеубранные зерно, плоды и овощи далеко не всегда обладают хорошими посевными, технологическими и потребительскими свойствами. Объяснить это можно тем, что ко времени уборки (фаза технической спелости) не наступила физиологическая спелость объектов хранения, характеризующаяся наивысшими показателями всхожести и энергии прорастания. При благоприятных условиях хранения в зерне уменьшается количество водорастворимых веществ, повышается качество клейковины, у плодов и овощей улучшаются вкусовые характеристики, происходит укрепление покровных тканей.

Послеуборочное дозревание. Комплекс процессов, происходящих в зерне и плодах при хранении, улучшающий их посевные и технологические качества, называют послеуборочным дозреванием, а время, в течение которого происходят эти процессы – периодом послеуборочного дозревания. На характер и глубину биохимических изменений в период послеуборочного дозревания влияют многие причины: особенности культуры и сорта, условия выращивания, сроки и способы уборки, метеорологические условия в предуборочный и уборочный периоды, условия хранения после уборки.

Продолжительность периода послеуборочного дозревания – наследственный признак культуры и сорта. При благоприятных естественных условиях хранения процессы послеуборочного дозревания у пшеницы заканчиваются в течение 1–1,5 месяца, у ржи в течение 10–15 суток, а у ячменя самый продолжитель-

ный период – 6–8 месяцев. В наших опытах с 8 сортами сои различного эколого-географического происхождения (З.М. Медведева) после удаления из семян избытка влаги они сразу же становились физиологически полноценными. Аналогичную картину наблюдали исследователи и на семенах кукурузы.

Отрицательная температура резко замедляет послеуборочное дозревание. В Сибири, в условиях пониженных температур в период созревания зерна и уборки, незаконченность дозревания семян может растягиваться во времени до весеннего посева.

Продолжительный период послеуборочного дозревания в ряде случаев играет и положительную роль. Возделывание сортов зерновых культур с таким признаком целесообразно в районах с сырой осенью, так как исключает прорастание зерна на корню в колосьях и в валках.

Зерно, прошедшее послеуборочное дозревание, поглощает больше воды, чем не прошедшее, и это необходимо учитывать при составлении помольных партий и технологии помола на мукомольных предприятиях. С технологической (хлебопекарной) точки зрения наибольший интерес представляет изменение клейковины пшеницы. Исследованиями, проведёнными в Саратовской области, после 30 суток хранения свежеубранного зерна пшеницы констатировано увеличение выхода клейковины до 8%, повышение её качества со второй группы до первой и с третьей группы до второй.

Всё вышесказанное свидетельствует о том, что послеуборочный период – это период прохождения очень интенсивных процессов в хранящейся продукции. В это время необходим тщательный контроль температуры хранящейся массы и её влажности.

По окончании послеуборочного дозревания все процессы в хранящихся растительных массах замедляются и говорят о состоянии покоя.

Покой. Это состояние жизнеспособных семян и посадочного материала, при котором они не прорастают в обычных условиях, прорастают замедленно или прорастают при специ-

альных условиях. Различают покой вынужденный, вызванный внешними факторами (отсутствие влаги, низкие температуры), и покой органический (задержка прорастания, связанная с внутренними свойствами хранящихся объектов). Продолжительность органического покоя у различных видов растений неодинакова – от нескольких недель до нескольких десятилетий. В состоянии покоя жизненные процессы в хранящихся массах не прекращаются, но они сильно замедленны, что позволяет на длительное время сохранять жизнеспособность семян и технологические свойства продукции, предназначенной для переработки.

Активный иммунитет, присущий жизнеспособной растительной продукции, повышает сопротивляемость покровных тканей объектов хранения к внедрению в них плесневых грибов, обеспечивая высокую стойкость их при длительном хранении.

Старение хранящейся продукции наблюдается вследствие длительного хранения, при неблагоприятных условиях, из-за нарушения обмена веществ, вызванных различными факторами: повышенная влажность, высокая температура при подготовке продукции к хранению и в период хранения, замораживание влажного зерна, изменения газового режима, развитие микроорганизмов и др.

Старение сопровождается снижением интенсивности дыхания, денатурацией соле- и кислоторастворимых белков, накоплением аммиака, что оказывает угнетающее действие на жизнеспособность продукции.

Опыты показали, что зерно с пониженной жизнеспособностью и при её полной потере в меньшем количестве поглощает влагу, что приводит к неравномерному увлажнению различных участков насыпи и может вызвать гнездовое самосогревание. На мукомольных предприятиях старение усложняет процесс кондиционирования зерна, удлиняя сроки его увлажнения. По мере старения зерно теряет свою прочность, что приводит к его дроблению, повышенному образованию количества мучки, распыла, снижению стойкости муки и крупы при хранении.

Прорастание. Это начальный этап жизненного цикла растения. Для индивидуального развития растения прорастание – естественный и обязательный процесс. При хранении и промышленной переработке растительного сырья прорастание – очень нежелательное явление. Проросшее зерно характеризуется увеличением зародыша, его коричневой окраской; появлением зародышевого корешка и почечки, зерно увеличивается в объёме, уменьшается его сыпучесть, сухая масса зерна сильно снижается. Мука из проросшего зерна имеет сладковатый вкус и пониженные характеристики клейковины. На корнеплодах свёклы, моркови, редьки, на клубнях картофеля могут появиться ростки и корешки.

Для прорастания требуются строго определённые условия: достаточная влажность, тепло и кислород. При правильной организации хранения растительных масс прорастания, как правило, удаётся избежать. Если прорастание всё же произошло, то проросшее зерно подвергают сушке при более высокой температуре, изменяют режим подготовки зерна к помолу (проводят гидротермическую обработку – увлажнение перед размолом до 23–25 %, прогрев при 75–78 °С), режим размола и добавляют к ржаной муке 5–10 % муки из пшеницы. На хлебозаводах при использовании муки из проросшего зерна повышают кислотность теста на 1–2 °С, используя для этого жидкие дрожжи.

Контрольные вопросы

1. Что такое дыхание? Его физиологическое значение.
2. Какие типы дыханий присущи растительным организмам, что общего у них и в чём различия?
3. Факторы, влияющие на тип и интенсивность дыхания.
4. Послеуборочное дозревание: его интенсивность и продолжительность.
5. Какими средствами можно ускорить или замедлить послеуборочное дозревание?
6. Условия прорастания зерна и его последствия.
7. Что такое состояние покоя и старение семян?

6. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХРАНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

При работе с продукцией растениеводства в послеуборочный период возникает необходимость определить, как долго будет храниться та или иная партия сырья и что необходимо сделать, чтобы продлить сроки безопасного хранения. По определению Л. А. Трисвятского, период времени, в течение которого зерно и семена сохраняют свои потребительские свойства (посевные, технологические, продовольственные) называют **долговечностью**. Различают долговечность биологическую, хозяйственную и технологическую.

Биологическая долговечность проявляется в сохранении всхожести хотя бы у единичных экземпляров из хранящейся партии продукции. Для большинства сельскохозяйственных культур биологическая долговечность составляет от 5 до 10 лет. Но известны случаи, когда семена пшеницы, извлечённые из гробниц фараонов, пролежав под землёй сотни лет, обладали всхожестью.

Хозяйственная долговечность – период хранения, в течение которого всхожесть семян остаётся кондиционной, т. е. отвечает требованиям государственных стандартов. Хозяйственная долговечность существенно различается по группам культур и находится в пределах 3–5 лет.

Долговечность зависит от целого ряда факторов, но до сих пор нет полного и однозначного объяснения причин потери семенами жизнеспособности при длительном хранении.

Технологическая долговечность обычно больше долговечности хозяйственной и биологической. Сохранность тех или иных свойств сырья зависит от его исходных свойств, ботанических признаков, условий подготовки продукции к хранению и собственно хранения. По данным ряда исследований, зерно высокостекловидной пшеницы сохраняет технологические характеристики дольше, чем низкостекловидной. Хорошо вызревшее зерно, не подвергавшееся жестким режимам послеуборочной подработки, сохраняло технологические показатели более 10 лет.

Резкие воздействия внешних факторов (механические повреждения при перемещении и очистке зерна, повышенная температура в процессе сушки) при работе с зерном в послеуборочный период могут существенно снизить его технологическую долговечность. По оценкам специалистов, мукомольные и хлебопекарные характеристики партий пшеницы, хранившихся в складах 7 лет и более, существенно не различались.

При хранении крупяных и масличных культур наблюдаются некоторые особенности. С увеличением продолжительности хранения ядро крупяных культур становится более хрупким, вследствие этого уменьшается выход высокосортных круп. В семенах масличных культур наблюдается распад и окисление жиров, они становятся менее пригодными для пищевых и медицинских целей.

Пригодность плодов и овощей к длительному хранению характеризуется понятиями «лежкость» и «сохраняемость».

По определению Е. П. Широкова, **лёжкость** – это потенциальная способность сортов храниться в течение определённого времени без значительных потерь массы, поражения микроорганизмами и физиологическими расстройствами, ухудшения товарных, пищевых и семенных качеств. **Сохраняемость** – это проявление лёжкости плодов и овощей в условиях данного сезона, зоны возделывания, при определённом уровне агротехники, технологии и режиме хранения.

Лёжкость и сохраняемость – важные хозяйственно-технологические характеристики плодоовощной продукции. Лёжкость количественно можно выразить сроком хранения определённого вида при оптимальных условиях выращивания и хранения. Различают высокую, среднюю и низкую лёжкость. Сохраняемость характеризуется сроком хранения, а также величиной потерь и степенью изменения качественных показателей продукции за период хранения. При оптимальных условиях во время выращивания, подготовки продукции к хранению и хранении показатели лёжкости и сохраняемости совпадают.

В зависимости от лёжкости плодоовощную продукцию разделяют на группы: двулетние овощи и картофель; плоды и плодовые овощи; листовые овощи, ягоды, плоды косточковых культур.

У представителей ***первой группы*** объектами хранения являются запасающие части растений (клубни, корнеплоды, кочаны, луковицы). На этих органах находятся почки, которые в следующем сезоне образуют семенные растения. Во время хранения двулетних овощей идет подготовка почек к развитию в следующем сезоне. В осенне-зимний период процесс дифференциации почек идет вначале медленно (*время покоя*), затем наступает момент, когда начинается быстрое развитие почек, которое заканчивается образованием семенного растения. Состояние покоя двулетних овощей является биологической основой их лёжкости. Чем продолжительнее состояние покоя, тем выше лёжкость и наоборот. Глубина и продолжительность покоя – видовые и сортовые признаки.

Биологические процессы при хранении двулетних овощей в основном протекают в меристемных тканях и это определяет различный подход к установлению параметров хранения для продукции продовольственного назначения и маточников. При хранении маточников главное условие – наилучшая подготовка их к росту и развитию в сезон плодоношения. Очень низкие температуры могут затормозить процесс дифференциации почек или даже повредить их, поэтому при хранении маточников поддерживают более высокую температуру, чем при хранении продукции продовольственного назначения. Условия хранения маточников влияют на урожайность и скороспелость культур. Установлено, что при хранении семенного картофеля при пониженной температуре получают более ранний, но меньший урожай. Повышенные температуры при хранении посадочного материала обеспечивают более высокий урожай, но в более поздние сроки.

Значительные отклонения погодных условий от климатической нормы при выращивании могут повлиять на состояние покоя. Так, клубни картофеля и луковицы репчатого лука, вы-

ращенные при длительной засухе, оставались в состоянии покоя и после окончания периода покоя.

Избыточные дозы азотных удобрений и обильный полив, особенно в конце вегетации, задерживают созревание овощей и вступление их в состояние покоя. Подкормки фосфорно-калийными удобрениями способствуют оттоку продуктов фотосинтеза в запасающие органы и своевременному переходу их в состояние покоя.

Представители ***второй группы*** (плоды семечковых культур и плодовые овощи) содержат сформированные семена различной степени зрелости.

После съёма плодов зародыши многих видов семян нуждаются во взаимодействии с околоплодником в течение какого-то времени, так как продолжаются их развитие и созревание, происходит взаимный обмен различными веществами (послеуборочное дозревание). При созревании плодов наблюдается изменение интенсивности процессов обмена веществ. Дыхание в начале послеуборочного дозревания при оптимальных условиях хранения замедленно, затем наблюдается резкое возрастание его интенсивности. Это изменение в интенсивности дыхания, впервые описанное английскими учёными Ф. Киддом и С. Вестом, названо климактерическим. *Климакс* – переломная точка в развитии плодов: до его наступления идёт дозревание, после него – *старение*. При старении состояние тканей околоплодника и товарное качество плодов быстро ухудшаются, устойчивость к фитопатогенным микроорганизмам резко падает, начинаются физиологические расстройства. Таким образом, продолжительность хранения плодов определяется продолжительностью послеуборочного дозревания.

У ***третьей группы*** (листовые овощи, ягоды и плоды косточковых культур) лёжкость вообще не выражена. У листовых овощей – из-за большой поверхности испарения, у ягод – из-за тонкого слоя кутикулы, плохо защищающего от повреждений, у косточковых – из-за очень низкой водоудерживающей способности клеточных коллоидов.

При повышенной температуре все представители третьей группы очень интенсивно дышат, быстро теряют сок, в результате уже в первый период хранения у них ярко выражены процессы гидролиза и диссимиляции, которые заканчиваются гибелью клеток. Для нелёжкой продукции требуются специальные условия хранения.

Контрольные вопросы

1.Что такое долговечность? Какие виды долговечности различают?

2. Какие факторы влияют на хозяйственную и технологическую долговечность зерна и семян?

3. Что такое лёжкость и сохраняемость хранящихся объектов?

4. На какие группы делят плодоовощную продукцию в зависимости от ее лёжкости?

5. Что является биологической основой лёжкости двулетних овощей и картофеля?

6. Чем определяется период хранения плодов?

7. Дайте определение понятия «климакс».

8. Назовите причины отсутствия лёжкости у листовых овощей, ягод и плодов косточковых культур.

7. ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ ПРИ ХРАНЕНИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Ежегодно в мире при хранении теряется до 15% сельскохозяйственной продукции в результате активной жизнедеятельности микроорганизмов. Знание микрофлоры зерна и различных пороков зерновой продукции микробного происхождения, особенностей поведения микрофлоры на сочных объектах позволит сохранить для нужд народного хозяйства существенные объёмы растительного сырья.

Микроорганизмы относятся к различным классам живых существ – это бактерии, актиномицеты, дрожжи, плесневые грибы, микроскопические водоросли. Они очень широко представлены в природе: почве, воде, растительных остатках, хранящейся и переработанной продукции и т.д. Один грамм зерна может содержать от нескольких сотен до миллиона экземпляров микроорганизмов, на плодах и овощах их количество ещё больше.

Название «микроорганизмы» указывает лишь на малую величину отдельной особи. Диаметр большинства бактерий не превышает 0,001 мм (1 микрометра), размеры дрожжевых клеток не более 10 мкм. Детали тонкой структуры микроорганизмов измеряют в нанометрах.

У таких мельчайших организмов есть отличительная особенность: очень большое отношение поверхности тела к его объёму (от 110 у пекарских дрожжей, до 10000 раз у некоторых бактерий). Столь большие отношения обусловливают очень активный обмен с окружающей средой и высокую активность метаболизма у большинства представителей микромира. Соответственно высокими оказываются темпы роста и размножения микроорганизмов. Если одна корова при массе 500 кг образует за сутки всего 0,5 кг белка, то 500 кг дрожжевых клеток за тот же период синтезируют более 50 т белковой массы.

По химическому составу микроорганизмы очень похожи на представителей других царств живой природы. Важнейшими компонентами их организмов также являются ДНК, РНК, белки, углеводы, минеральные вещества, но есть и существенные отличия. У высших растений и животных наборы фермен-

тов фиксированы очень жёстко, и хотя в процессе роста индивидуума определённые изменения в составе ферментов имеют место, при изменении среды этот состав меняется очень мало.

У микроорганизмов метаболическая изменчивость выражена сильнее. Ферменты, в которых на данный момент у микроорганизма нет необходимости, не сохраняются им «про запас». Определённые ферменты образуются в клетке микроба только по мере надобности, при появлении в среде соответствующих субстратов. Такой особенностью микроорганизмов можно объяснить их высокую приспособляемость к меняющимся условиям и способность выживать в широком диапазоне факторов внешней среды.

У многих видов микроорганизмов помимо активной формы существования есть пассивная форма – спора. Споры более устойчивы к неблагоприятным внешним воздействиям, чем вегетативные клетки, что помогает им переносить экстремальные условия (они не погибают при низких отрицательных температурах, в отсутствие кислорода и воды).

Оптимальная температура для роста микроорганизмов от 25 до 30 °С, имеются, однако, психрофильные – растущие при –6 °С и термофильные микроорганизмы, размножающиеся при 60–65 ^{0}С. Основная масса микрофлоры погибает при 70–75 °С, практически все микроорганизмы погибают при 100–110 °С и абсолютно все – при 125–130 °С и повышенном давлении. При понижении температуры до 10 °С большинство микроорганизмов прекращают размножаться, при 5 °С прекращают питаться, а при снижении температуры до 0 °С спорообразующие виды обезвоживаются и виде спор могут распространяться на значительные расстояния.

Промораживание хранящихся зерновых масс приостанавливает развитие микроорганизмов, но не вызывает полной их гибели, и малейшее повышение температуры приводит к бурному развитию микрофлоры.

Микроорганизмы по потребности к влаге делят на группы:

– *гидрофиты* хорошо развиваются, если влажность продукта превышает 18–20 %. Такую влажность имеет вся сочная

продукция и часть свежеубранного зерна, влажность которого при уборке в условиях Западной Сибири, может достигать 30 % и более;

– *мезофиты* начинают развиваться при влажности хранящейся продукции от 16 %. Такую влажность могут иметь недосушенное товарное зерно, семенные партии зерновых культур, мука и другие зернопродукты;

– *ксерофиты* могут развиваться при крайне низкой влажности хранящегося сырья.

Влияние температуры, как отмечает Н. Н. Наплёкова (НГАУ), на развитие микроорганизмов в зерновой массе находится в тесной связи с влажностью зерна. Чем выше влажность, тем шире температурный диапазон развития микроорганизмов:

Влажность зерна,%	16–17	18–19	20–21
Пределы температуры развития микробов, °С	30–40	20–40	0–40

Большинство микроорганизмов относится к гетеротрофным, нуждающимся для питания в готовом органическом веществе, содержащем углерод, азот, фосфор, калий, серу и другие элементы. Через клеточную стенку микроба питательные вещества могут проникать только в растворённом состоянии, поэтому продукция, не содержащая капельно-жидкую влагу, мало или совсем недоступна микроорганизмам. Клетка микроорганизма выделяет наружу ферменты, которые гидролизуют различные высокомолекулярные соединения (целлюлозу, белок и др.), продукты гидролиза затем поступают в клетку и служат ей пищей.

Основная масса микроорганизмов, обитающих на растительном сырье и продуктах его переработки, относится к аэробам, которым для их нормального роста и развития нужен кислород воздуха. При хранении зерна, плодов и овощей, даже при повышенной влажности, без доступа воздуха развитие микроорганизмов может быть приостановлено. Кислород, находящийся между частицами растительной массы, потребляется её живыми компонентами для дыхания, его место занимает

выделяющийся диоксид углерода. Рост бактерий и грибов при концентрации углекислоты в массе около 18–20 % приостанавливается, происходит самоконсервация хранящейся массы.

В практике хранения, особенно сочной продукции, иногда кислород замещают каким-либо инертным газом (диоксидом углерода, дихлорэтаном, хлорпикрином и др.) в чистом виде или в различных соотношениях с кислородом (1:1; 1:2; 1:3 и т. д.), при этом эффективно подавляется жизнедеятельность основной массы микрофлоры без вреда для хранящейся продукции.

Решающее значение для роста и развития многих микроорганизмов имеет pH среды: ионы H^+ и OH^- наиболее подвижные из всех ионов. Большинство микроорганизмов лучше растет, когда концентрации H^+ и OH^- примерно одинаковы (pH 7,0). Небольшие изменения в их концентрации оказывают сильное влияние на интенсивность микробиологических процессов при переработке растительного сырья и хранении законсервированной продукции.

Основными источниками попадания микроорганизмов на продукцию во время уборки и доставки её к месту складирования являются пыль, песок, сорные примеси, не подготовленные соответствующим образом транспорт и тара. При хранении на токах, во временных или постоянных хранилищах при неблагоприятных условиях уже через несколько суток, а иногда и несколько часов, может произойти частичная или полная порча продукции.

Микрофлора свежеубранных зерновых и плодоовощных масс очень разнообразна и зависит от вида культуры, строения покровных тканей, наличия и степени опушения семян, створок бобов и т. д. Обсеменённость свежеубранного зерна по данным исследований профессора НГАУ Н. Н. Наплёковой приведена в табл. 7.

В растительных массах, поступающих на хранение, встречаются три группы микроорганизмов: *сапрофиты* (питаются мёртвыми органическими остатками и могут вызвать порчу продукции при хранении); *фитопатогены* – вызывают болез-

ни растений и зерна; *патогены* – вызывают болезни человека и животных.

Таблица 7

Обсемененность свежеубранного зерна, тыс/г

Культура	Бактерии	Грибы
Пшеница	2340	0,4
Кукуруза	8	5,0
Гречиха	112	6,1
Фасоль	7	0,1

От общего числа микроорганизмов, обитающих в свежеубранных зерновых массах, 90–99 % составляют бактерии рода *Pseudomonas*. Плесневые грибы в поступающих на подработку зерновых массах составляют доли процента, среди них встречаются роды *Altermaria, Cladosporium*. В хранящемся зерне они быстро погибают и вместо них появляются грибы из родов *Penicillium, Aspergillus, Mucor.* Изменение численности и видового состава микрофлоры в зерновой массе ржи при хранении (по данным Н. Н. Наплёковой) показано в табл. 8.

Таблица 8

Изменение численности и видового состава микрофлоры в 1 г зерновой массы ржи при хранении

Срок хранения	Общее количество, тыс. экз.	В том числе,%			
		E. herbicola	споровые бактерии	плесневые грибы	дрожжи
Свежеубранное зерно	280	96,0	0,7	1,3	2,0
1 год	220	90,0	7,4	2,0	0,6
3 года	90	56,5	40,0	3,5	-
5 лет	40	12,0	76,0	6,0	-
7 лет	7	4,0	88,0	8,0	-

Здоровое неповреждённое зерно и большинство видов плодов и овощей покрыты плотной плодовой оболочкой, состоящей из клетчатки и восковидных веществ, которая надёжно предохраняет их от воздействия микроорганизмов. Нарушение целостности оболочек создаёт благоприятные условия

для развития микрофлоры, особенно грибов родов *Fusarium* и *Penicillium*.

В условиях повышенной влажности и температуры численность микроорганизмов резко возрастает, по данным ВНИИЗ, в сотни, а иногда и тысячи раз (табл. 9).

Таблица 9

Влияние температуры на развитие плесневых грибов (тыс. в 1 г) в зерновой массе пшеницы влажностью 18,2 % (по данным ВНИИЗ) *

Температура, °С	Срок хранения, сут					
	10	20	30	40	50	60
20	2,7	19	46	240	2300	2100
8	0,7	1,2	2,0	2,6	5,9	8,6

* Содержание в исходном зерне в обоих случаях 1,5 тыс. в 1 г.

Развитие микроорганизмов изменяет химический состав и товарные свойства хранящейся продукции. Происходит потеря сухих веществ (в первую очередь углеводов), уменьшается содержание белков, но увеличивается количество аминокислот и аммиака, снижается всхожесть семян, теряются товарные и технологические характеристики сочной продукции. Иногда в хранящейся продукции под воздействием микроорганизмов накапливаются токсические вещества, и продукция может стать ядовитой для человека и животных.

Все виды плодов и овощей теряют устойчивость к болезням при *подвядании*. Ткани, потерявшие тургор, легко поражаются патогенными микроорганизмами, в первую очередь, грибами. У сахарной и столовой свёклы выделяют такое микробиологическое заболевание, как увядание хвостовой зоны корнеплодов (хвостовая гниль). Несмотря на то, что вызвано это заболевание может быть различными видами микроорганизмов, признаки его очень похожи.

Предотвратить подвядание клубней картофеля, корнеплодов, плодов – одна из основных задач при их уборке, послеуборочной подработке и хранении.

Не выдерживают картофель, большинство плодов и овощей даже лёгкого *подмораживания*. Повреждённые ткани после оттаивания теряют тургор, ослизняются и в них легко проникают микроорганизмы. Убирать сочную продукцию надо до заморозков, а во время хранения не допускать снижения температуры до точки замерзания (табл. 10).

Основные болезни растительной продукции, вызванные микроорганизмами в период хранения: гельминтоспориозы; фитофтороз, мокрая и сухая гнили картофеля; кагатная и фузариозная гнили свёклы; белая, серая, мокрая, чёрная гнили и фомоз моркови; шейковая гниль лука; плодовая и горькая плодовая гнили; голубая и зелёная плесени плодов цитрусовых.

Таблица 10

Температура замерзания и чувствительность плодов и овощей к пониженным температурам

Виды плодов или овощей	Температура замерзания, °С	Чувствительность к пониженным температурам		
		слабая	средняя	сильная
Баклажаны	-0,5			+
Виноград	-1,0	+		
Груши	-1,5		+	
Капуста кочанная цветная	 -1,5 -1,0	 + +		
Картофель	-1,2			+
Лук	-2,0	+		
Морковь	-1,0	+		
Огурцы	-0,5		+	
Перец	-0,5			+
Свекла	-1,5	+		
Томаты	-0,5			+
Яблоки	-1,5		+	

Гельминтоспориозы – болезни, вызываемые грибами, паразитирующими на растениях в конидиальной стадии. Плесневые грибы *Bipolaris, Alternaria* наносят особенно большой вред зародышу зерновки. Гифы грибов могут глубоко

проникать в ткани зародыша, разрушая их, отравляя зародыш продуктами своей жизнедеятельности. Зародыш темнеет, пятна могут быть небольшими, но могут захватывать половину зерновки.

В других случаях мицелий гриба *Altermaria* проникает внутрь зерновки неглубоко, но травмированные зёрна затем поражаются грибами рода *Penicillium.* По данным Н.Н. Наплёковой, поражение семян гельминтоспориозом вызывает резкое снижение всхожести (до 50%) и гибель всходов. При этом наблюдается побурение корневой шейки, её загнивание и гибель проростков.

Фитофтороз картофеля вызывается грибом *Phytophtora infestans* de Bari. Болезнь может поражать все части растения, кроме корней. С поражённого растения возбудитель попадает с росой или дождевой водой на клубни, на которых образуются твёрдые пятна со свинцово-серым блеском. Ткань под пятном бурая, заходящая языками внутрь. Пятна фитофтороза увеличиваются по мере хранения.

Мокрая гниль картофеля вызывается комплексом бактерий из рода *Pectobacterium.* На заражённом клубне появляются темные мокнущие пятна, мякоть клубня приобретает неприятный запах.

Сухая гниль возникает под влиянием грибов из рода *Fusarium*. На поражённых участках клубня кожура сморщивается, ткани под ней темнеют и разрушаются. Постепенно гниение охватывает весь клубень. При повышенной влажности в хранилище на поверхности поражённых клубней и во внутренних полостях образуются розоватые или белые подушечки спороношения гриба.

Гнили овощей поражают в период хранения большинство видов овощных культур. Наиболее распространены белая, серая и мокрая бактериальные гнили.

Белая гниль (склеротиниоз) поражает корнеплоды и капусту. Проявляется в виде белого хлопьевидного налёта на поражённой ткани, которая быстро размягчается и ослизняется. Вызывает болезнь гриб *Sclerotinia sclerotiorum.* Заносится

гриб в хранилища с заражёнными корнями или кочанами капусты. Интенсивно гриб развивается при повышенной влажности воздуха, температура хранения не имеет большого значения, так как гриб способен развиваться даже при температуре, близкой к нулю.

Серая гниль поражает различные овощи, но больше всего капусту. Загнившие экземпляры покрываются с поверхности серой пушистой плесенью, поражённая ткань ослизняется. Позднее на поражённых участках образуются многочисленные склероции – мелкие чёрные желвачки. Гниль развивается прежде всего в местах ранений, на подмороженных, увядших корнеплодах и кочанах. Серая гниль вызывается грибом *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr.

Мокрая бактериальная гниль (слизистый бактериоз) очень распространена среди овощей в период хранения, поражает овощные и кормовые корнеплоды, лук, капусту. Больная ткань размягчается, иногда темнеет, превращается в слизистую массу с неприятным запахом. Слизистый бактериоз вызывают бактерии *Erwinia carotovora* Holland, которые заносятся в хранилище с частицами почвы на корнеплодах, кочанах и луковицах. В развитии бактериальной гнили большую роль играют механические повреждения и подмораживание объектов хранения.

Черная сухая гниль моркови проявляется в виде сухих вдавленных пятен, покрывающихся темным налётом. При заражении верхушки гниль быстро проникает в сердцевину корнеплода с образованием пустот. При поражении наружных слоёв корнеплода гниль проникает вглубь на 1,5–2 см. Чёрная гниль моркови вызывается грибами *Alternaria radicina* и *Stemphylium botryosum,* которые попадают в места хранения с корнеплодами при осенней закладке. Развитию болезни способствуют повышенная температура, высокая влажность и плохая вентиляция.

Фомоз моркови в период хранения проявляется в виде сухой гнили корнеплодов. На поражённой ткани образуются многочисленные бурые пятна, ткань разрушается, в ней об-

разуются пустоты. Возбудитель болезни гриб *Phoma rostrupii* Sacc. Фомоз заражает корнеплоды моркови в поле и заносится в хранилище с урожаем. Развитию болезни способствует повышенная температура в период хранения.

Кагатная гниль поражает корнеплоды свёклы во время зимнего хранения. Процесс гниения начинается с осени, когда на заражённых корнеплодах появляются плесени различного цвета. По мере развития гнили происходит отмирание и разложение тканей корнеплода, они приобретают бурую или чёрную окраску. Кагатная гниль вызывается комплексом микроорганизмов, в основном грибами видов *Fusarium, Phoma betae* Frank и др. В возникновении и развитии кагатной гнили независимо от возбудителя большую роль играет физиологическое состояние корнеплодов, ослабление их в результате перенесённых во время вегетации болезней, а также подвяливание, подмораживание и механические повреждения. Способствуют развитию болезни высокая или очень низкая температура во время хранения, низкая влажность в насыпи, способствующая подвяливанию корней.

Шейковая гниль лука. Поражённая шейка луковицы снаружи сморщивается, а внутренние чешуйки загнивают и покрываются серой плесенью. Ткань луковицы становится бурой, размягчается, на разрезе имеет вид варёной. Паразит проникает в растение не только через ранки (после обрезки листьев), но и диффузно, от поражённого в предуборочный период пера. Особенно сильно поражается недозрелый лук с толстой мясистой шейкой. Сырая погода во время уборки и недостаточная просушка луковиц способствуют массовому заражению продукции. В период хранения паразит распространяется в массе продукции и заражает сочные чешуйки, которые обнажаются при растрескивании. Источником болезни могут быть зараженные остатки, сохраняющиеся в поле.

Доводя состояние хранящейся продукции до требуемых кондиций, регулируя основные жизненные факторы, необходимые для роста и развития микрофлоры, можно свести

к минимуму вредное воздействие микроорганизмов на объекты хранения и в конечном итоге на здоровье человека и животных.

Контрольные вопросы

1. Какие классы микроорганизмов могут причинять вред хранящейся продукции?
2. Основные факторы внешней среды, сдерживающие рост и развитие микроорганизмов.
3. На какие группы по потребности к влаге делят микроорганизмы?
4. Как изменяется состав микрофлоры в процессе работы с хранящимися массами?
5. Какие изменения происходят в хранящейся продукции под влиянием микроорганизмов?
6. Что нужно делать, чтобы уменьшить вредное влияние микрофлоры на качество продукции?

8. ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НАСЕКОМЫХ, КЛЕЩЕЙ И НЕМАТОД

Вся сельскохозяйственная продукция – зерно и продукты его переработки, плоды, овощи и сухофрукты, находящиеся в условиях хранения, могут повреждаться большим количеством (более 200 видов) различных вредителей. Вредители вызывают большие потери в количестве хранящейся продукции, у повреждённой продукции ухудшаются пищевые и технологические качества, у семян снижается или полностью утрачивается всхожесть.

В складские помещения вредители попадают с сельскохозяйственной продукцией, их могут заносить грызуны и птицы, рабочие на одежде и обуви, с инструментами и тарой. В хранилищах насекомые и клещи могут находиться как в растительной массе, так и в элементах конструкций хранилища, в трещинах и в растительных остатках: просыпях, органической пыли и др.

Насекомые и клещи различных стадий развития могут длительное время находиться без пищи, и даже если хранилище длительное время не использовалось, в нём возможно обнаружение вредителей. Наиболее разнообразны и многочисленны вредители из класса насекомых (отряд жёсткокрылых и чешуекрылых) и класса паукообразных (отряд клещи).

Большое значение для размножения насекомых и других вредителей имеет пищевой фактор. По набору пищевых субстратов, пригодных для питания, насекомых и клещей разделяют на три группы: *монофаги*, или одноядные, питающиеся преимущественно каким-либо одним видом растений; *олигофаги*, или ограниченноядные, способны питаться растениями разных видов одного семейства; *полифаги*, или многоядные, питающиеся растительными объектами многих видов разных семейств. Большинство вредителей хранящейся продукции – полифаги и олигофаги.

Характер питания насекомых и клещей, а в связи с этим и типы повреждений, причиняемых ими хранящимся объектам, весьма разнообразны. Различают два основных типа по-

вреждений, первый характерен для вредителей с грызущим ротовым аппаратом, второй – для вредителей с колюще-сосущими ротовыми органами.

В первом случае наблюдается выборочное объедание, а также выгрызание полостей в зерновке, плодах и овощах. Во втором случае происходит предварительная подготовка объекта. Клещи или насекомые с колюще-сосущим ротовым аппаратом вводят в выбранный объект выделения слюнных желёз, ферменты которых вызывают ряд биохимических изменений. После этого вредитель высасывает небольшую часть расщепленных веществ, а повреждённая продукция может приобрести специфический запах, у неё снижаются технологические характеристики.

Из экологических факторов большое значение для развития и размножения насекомых и клещей имеют температурные условия. Для каждого вида характерен определённый температурный оптимум, большие отклонения от него нередко вызывают гибель вредителей. Степень влияния температуры на жизнеспособность каждого вида зависит от физиологического состояния конкретной особи и периода развития. Яйца более устойчивы к неблагоприятным факторам среды, чем взрослые особи.

Нижний температурный предел активного существования для большинства видов вредителей находится на уровне 6–12 °С, верхний – 36–42, оптимальный – 25–30 °С. При 10–11 и 33–35 °С у многих видов отмечается депрессия, прекращаются спаривания и кладка яиц, при более значительных отклонениях в обе стороны от оптимума происходит гибель насекомых и клещей.

Содержание воды в теле взрослых вредителей составляет 48–70 %, поэтому для их развития и размножения необходима пища с определённым количеством воды. В разные периоды жизни и при различной интенсивности жизненных процессов у насекомых и клещей потребность в воде может изменяться. В связи с этим различают понятия: выживаемость вида при данных условиях влажности и влажность продукта, при ко-

торой насекомые и клещи нормально размножаются. Многие виды довольно быстро погибают, если влажность хранящегося объекта ниже 8–10 %. Большинству видов вредителей запасов, особенно клещам, для нормального развития необходима влажность выше критической.

Все насекомые и клещи – аэробы. Для нормального роста и развития им необходим кислород, но в различные фазы потребность в кислороде неодинакова. Наибольшее поглощение кислорода наблюдается в фазе личинки и взрослой особи, меньшее – у куколок.

Вредители запасов предпочитают неосвещенные участки насыпи, темные углы, различные трещины. Если освещённость меняется, то отдельные экземпляры и целые колонии могут переместиться в более темные места.

По образу жизни вредители разделяются на две группы: полностью или частично развивающиеся внутри зерна (имеют явную и скрытую зараженность); развивающиеся в межзерновом пространстве или на поверхности продукта (имеют только явную форму зараженности).

Различают два состояния сельскохозяйственной продукции, связанные с насекомыми и клещами: зараженность и загрязненность вредителями. *Зараженность* определяется наличием живых вредителей, характеризует стойкость продукции при хранении и возможность дальнейшей его порчи. *Загрязненность* исчисляется наличием живых и мертвых вредителей, характеризует пригодность продукции для продовольственных целей. Профессором Г. А. Закладным введен показатель СПЗ (суммарной плотности зараженности или загрязненности вредителями), который определяется по формуле

$$СПЗ = \sum (П_в \cdot К_в), \text{ экз/кг}, \qquad (2)$$

где $П_в$ – средняя плотность зараженности (загрязненности) каждым видом вредителя;

$К_в$ – коэффициент вредоносности вида вредителя.

За условную единицу принят эквивалент вредоносности одного жука рисового долгоносика – самого распространенного в мире вредителя (табл. 11).

Таблица 11

Сравнительные коэффициенты вредоносности вредителей

Вредители	Коэффициент вредоносности
Зерновой точильщик	1,7
Амбарный долгоносик	1,5
Бабочки (по гусеницам), мавританская козявка	1,1
Рисовый долгоносик	1,0
Мучные хрущаки, притворяшки, кожееды	0,4
Мукоеды, грибоеды	0,3
Блестянки, скрытники, скрытноеды	0,2
Сеноеды	0,1
Хлебные клещи	0,05

В зависимости от величины СПЗ выделяют пять степеней зараженности зерна. При увеличении степени зараженности от I до IV потери зерна и недомол муки возрастают в десятки раз (табл. 12). При V степени зараженности зерно нельзя использовать на продовольственные цели.

Таблица 12

Степени зараженности зерна и его потери

Степень	СПЗ, экз/кг	Обоснование	Потери в расчете 1000 т	
			уничтожено зерна, т	недомол муки, т
I	До 1	Стоимость потерь зерна меньше стоимости дезинсекции. Целесообразен прогноз численности вредителя	0,34	до 0,4
II	1–3	Стоимость потерь зерна соизмерима со стоимостью дезинсекции	1,0	1,2
III	3–15	Стоимость потерь зерна выше стоимости дезинсекции. Зерно допускается для прямого использования на продовольственные цели	5,0	6,0
IV	15–90	Зерно допускается использовать на продовольственные цели только после подсортировки чистого зерна	30,0	36,0
V	Свыше 90	Зерно нельзя использовать на продовольственные цели	Непродовольственное зерно	

Наибольший вред зерну при его хранении наносят клещи. Очень широко распространены мучной клещ, волосатый обыкновенный, удлинённый и хищный.

Мучной клещ – полифаг. Имеет белую, почти бесцветную окраску, ноги – светло-жёлтые или коричневые. Тело овальное, от 0,32 до 0,67 мм длиной, яйца белые, овальные. Самки клеща откладывают на хранящуюся продукцию до 30 яиц. Через 3–4 дня появляются личинки, которые после линьки превращаются в нимф. Нимфа дважды линяет и становится взрослым клещом. При оптимальных условиях (температура 20–22 °С, влажность зерна 15–17 %) развитие одного поколения заканчивается за 17–23 дня (табл. 13). При пониженных температурах развитие генерации затягивается до 1,5 месяца, а при низкой влажности зерна или муки (менее 12–13 %) размножение не происходит.

Таблица 13

Продолжительность развития (сут) одного поколения мучного клеща в зависимости от температуры (°С*)*

Температура	Яйца	Личинки	Нимфы		Половозрелый	Поколение
			первой линьки	второй линьки		
4,8–6	35–42	25–38	21–24	18–22	2–3	101–129
9–10,6	16–20	10–12	8–10	8–11	2–3	52–61
11–13	8–11	9–11	9–11	9–10	2–3	32–48
12–15	8–10	8–11	8–11	8	2–3	34–45
16–19	7–8	8–10	7–9	6–7	2	30–36
20–22	6–7	7–8	6–7	5–6	1–2	17–23
25–27	3–4	4–5	2–3	2–3	2	14–16

При неблагоприятных условиях нимфа первого возраста превращается в гипопус – особую устойчивую форму. Гипопус не имеет ротового аппарата и может долгое время обходиться без пищи, а твердый хитиновый покров предохраняет его от внешних воздействий. В результате такого приспособления гипопус выживает даже тогда, когда личинки и взрослые клещи погибают. Кроме того, гипопус имеет на брюшной стороне несколько присосок, с помощью которых он прикрепляется к грызунам, птицам, насекомым и с их помощью переселяет-

ся в другие места. При наступлении благоприятных условий гипопус сбрасывает шкурку, превращается во вторую нимфу, а затем во взрослого клеща.

При массовом размножении мучных клещей в период хранения происходит повышение температуры и влажности зерна и муки, наблюдается самосогревание, плесневение и порча продуктов.

Волосатый обыкновенный клещ распространён почти так же широко, как и мучной клещ, и также многояден. Самка имеет овальную форму, длина её тела 0,4–0,6 мм, окраска матово-белая. На бугристом теле имеются щетинки, размер которых в 1,5–2 раза больше длины тела. Одна самка откладывает не менее 100 яиц. Самец удлинённо-грушевидной формы, 0,35–0,5 мм длиной. Гипопус удлинённый, покоящийся. При оптимальных условиях (температура 23^{0}С и влажность зерна не менее 15 %) на развитие одного поколения требуется 25–27 дней.

Удлинённый клещ имеет вытянутое тело длиной 0,3–0,5 мм, почти бесцветное. Тело разделено поперечной бороздкой, на конце длинные волоски. При оптимальных условиях на развитие одного поколения клеща требуется около 25 дней.

Хищный клещ может уничтожать амбарных клещей. Тело его более крупное, до 0,8 мм длиной, ромбической формы, желтоватого цвета; ноги длинные; хорошо развиты хватательные челюсти.

Различают три степени заражения зерна клещами:

1-я степень – в отсеве от 1 кг зерна насчитывается менее 20 шт. клещей;

2-я степень – в отсеве от 1 кг зерна насчитывается более 20 шт. клещей, но их можно пересчитать;

3-я степень – в отсеве сплошная масса клещей и нет возможности их пересчитать.

К реализации допускается зерно, имеющее заражённость клещом не выше 1-й степени.

Клещи, повреждающие плодоовощную продукцию, распространены повсеместно. Чаще всего они попадают в хранилище вместе с закладываемой продукцией. В хранилищах клещи обитают на луке, картофеле, загнивших корнеплодах

моркови, свёклы, репы, турнепса, брюквы, луковицах цветочных растений. Особенно сильно клещи повреждают донце луковицы, проникая внутрь её и поселяясь между чешуями.

Луковый корневой клещ наиболее интенсивно размножается в луковицах в период хранения, но может жить и в почве, куда он заносится вместе с посадочным материалом. Самка откладывает до 800 яиц между чешуями луковиц и, в зависимости от внешних условий, через 14–45 дней появляется потомство. При понижении влажности в хранилище до 60% размножение приостанавливается и появляются гипопусы. Повышенная влажность лука, закладываемого на хранение, хранение его толстым слоем и слабая вентиляция хранилища способствуют быстрому размножению клеща в хранилище. Очень благоприятная среда для них – луковицы, повреждённые насекомыми и нематодами. Луковый корневой клещ наиболее сильно повреждает репчатый лук, лук-порей, чеснок, а также луковицы декоративных лилейных растений – гиацинтов, тюльпанов, гладиолусов и др. Может обитать клещ и на клубнях картофеля, георгинов, кочерыгах капусты, на корнеплодах моркови, редиса, редьки.

Широко распространёнными и обычными вредителями в условиях хранения являются насекомые: амбарный и рисовый долгоносики, зерновая моль, мельничная огнёвка, личинки морковной мухи и др., а также нематоды.

Амбарный долгоносик – это жук темно-коричневого или черного цвета, блестящий, ноги и усики красно-бурые. Надкрылья одноцветные, без пятен, задних крыльев нет, поэтому летать жук не может. Длина жука 3–4 мм, яйца овальные, желтоватые, размером 0,6–0,7 мм. Личинка безногая, морщинистая, белого цвета с коричневой головой, длиной до 4 мм. Куколка желтоватая, до 2,7 мм длиной. Долгоносики многоядны и повреждают различное зерно и продукты его переработки.

Зимуют жуки, личинки и куколки внутри зёрен. Жуки могут зимовать также в щелях и трещинах пола, стен, в подпольях и других подобных местах.

Весь цикл развития амбарного долгоносика проходит в одном зерне. Весной при температуре около 15 °С самки откладывают яйца по одному внутрь зёрен злаков в специ-

ально выгрызаемую ямку, которую затем закрывают пробочкой из застывающих выделений придаточных половых желёз и огрызков зерна. Плодовитость самки от 150 до 300 яиц. Яйцо развивается от 6 до 12 дней, и появившаяся личинка остается внутри зерновки, выедая её содержимое. Через 30–40 дней личинка окукливается, а ещё через 12–20 дней отрождается жук, который выгрызается из зерновки наружу. Живут жуки летом 2–4 месяца и объедают зерна снаружи.

В зависимости от климатических условий за год может развиться от 1 до 4 поколений, а в отапливаемых помещениях – до 5. Оптимальные условия для развития долгоносика: температура около 25 °С, влажность зерна 14–16 % (табл. 14).

Таблица 14

Продолжительность развития (сут) одного поколения амбарного долгоносика в зависимости от температуры (°С)

Температура	Продолжительность развития	Температура	Продолжительность развития
27	28	17–20	80–57
25–26	33–30	15–18	95–61
23–24	38–32	12	209
20–22	58–44		

При понижении температуры до 10 °С наблюдается прекращение спариваний, до 5 °С – прекращение питания, при 3 °С жуки впадают в оцепенение, а затем погибают (рис. 2). Недостаток влаги тормозит развитие долгоносика, а влажность ниже 11 % губительна для него.

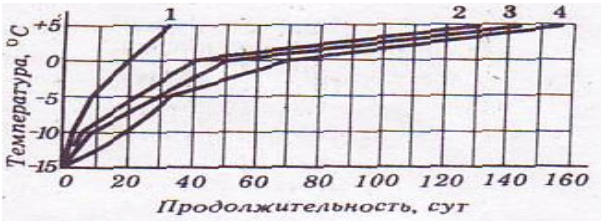


Рис. 2. Влияние низких температур на скорость отмирания амбарного долгоносика при влажности зерна 15–16 % (по данным Р. С. Ушатинской):

1 – яйца; 2 – личинки; 3 – куколки; 4 – жуки

Семенное зерно, поврежденное долгоносиком, теряет посевные качества, а товарная продукция становится непригодна в пищу. Зерно, заражённое долгоносиком, к реализации не допускается.

Рисовый долгоносик распространён в южных областях России, но в последние годы всё чаще попадает в северные области с заражённым зерном и размножается в отапливаемых помещениях. Повреждает зёрна риса, пшеницы, ржи, ячменя, различные крупы, макаронные и хлебобулочные изделия, сухофрукты.

Жук коричневый, матовый или слабоблестящий, на надкрыльях по 2 красноватых пятна. Задние крылья развиты, и жук хорошо летает. Длина тела от 2,0 до 3,0 мм. Самка отличается более высокой плодовитостью (до 500 яиц) и способностью при благоприятных условиях давать до 5 поколений в год. Личинка и куколка по внешнему виду похожи на личинку и куколку амбарного долгоносика, но личинка рисового долгоносика может развиваться при меньшей влажности зерна (до 7%). Рисовый долгоносик теплолюбив, и низкие температуры для него губительны.

Определяют три степени заражённости долгоносиками:

1-я степень – в 1 кг зерна насчитывается 1–5 жуков;

2-я степень – в 1 кг зерна насчитывается от 6 до 10 жуков;

3-я степень – в 1 кг зерна более 10 жуков.

Зерновая моль встречается повсеместно в складских помещениях. Бабочка 11–19 мм в размахе крыльев. Окраска передних крыльев желтовато-бурая с черноватым пятном у заднего угла, задние крылья светло-серые с бронзовым отливом и коричнево-серой бахромой.

Гусеница (основная повреждающая фаза) – 6–7 мм длиной, светло-жёлтая, с коричневой втянутой головой, брюшные ноги недоразвиты.

Самки весной откладывают в складах яйца на зёрнах, плодовитость одной особи до 150 яиц. Отрождающиеся гусеницы вбуравливаются в зерно, питаются его содержимым, а затем окукливаются. Бабочки вылетают в выеденное гусеницей от-

верстие. Цикл развития одного поколения 25–35 дней, в помещении моль за год даёт несколько поколений.

Мельничная огнёвка встречается на мельницах, кондитерских и макаронных фабриках и т. п., сильно засоряя продукцию. Бабочка до 23 мм в размахе крыльев, передние крылья пепельно-бурые со светлыми изломанными полосками и тёмной каймой, задние крылья с тёмными прожилками и тёмным краем. Гусеница кремово-белая с розоватым оттенком, на спине светло-коричневые щитки, несущие щетинки. Длина гусеницы около 20 мм.

Самки откладывают до 350 яиц на муку, тару, в щели и трещины полов. Гусеницы живут в паутинных трубках, засоряя трубопроводы и другое мельничное оборудование. Окукливание происходит в паутинных коконах на стенах, мешках, в мельничном оборудовании.

Морковная муха является специализированным вредителем моркови и других зонтичных растений. Распространена морковная муха повсеместно, особенно большой вред наносит в районах с достаточным и избыточным увлажнением. Муха чёрная, блестящая, с зеленоватым отливом; голова коричнево-красная с чёрным треугольным пятном; усики и ноги рыжеватые; крылья широкие, прозрачные, с зеленоватым отливом. Длина тела взрослой особи 4–5 мм, яйца – 0,6–0,7, личинки – около 7, ложнококона – до 5 мм. Общая плодовитость самки 100–120 яиц. Через 8–17 дней вышедшие из яиц личинки вбуравливаются в корнеплод и протачивают в нём ходы. Повреждённые корнеплоды становятся безвкусными, непригодными к употреблению и быстро портятся при хранении.

Нематоды повреждают в основном картофель, плоды и овощи. Источниками заражения служат: семенной материал, хранилище, оборудование и инвентарь, территория вокруг складов и почва, занесённая вместе с продукцией.

Картофельная нематода – карантинный объект для Западной Сибири. Самцы червеобразные, тело прозрачное, длиной около 1 мм; самки шаровидные с узким головным концом, золотисто-коричневые, длиной от 0,13 до 1,0 мм. Личинки

червеобразные с острым концом. В месте поражения клубень разрыхляется, клетки темнеют и отмирают, начинается загнивание. Заражение нематодами чаще происходит в поле, заражённые клубни в хранилище являются источником инфекции для других клубней, и потери за период хранения могут быть очень значительными.

Борьба с фитонематодами очень затруднена, так как они малы по размерам, интенсивно размножаются и хорошо приспосабливаются к неблагоприятным факторам внешней среды.

Меры борьбы с вредителями запасов. При организации мероприятий по защите сельскохозяйственной продукции от вредителей запасов различают карантинные, профилактические и истребительные меры.

Карантин бывает внешний и внутренний. Внешний карантин предусматривает ряд мероприятий, осуществляемых на границах государств в отношении вредителей, отнесенных к карантинным. Внутренний карантин может распространяться на регион, область, район, хозяйство или отдельный склад. Мероприятия внутреннего карантина предполагают обследование территорий органами государственного надзора, уничтожение вредителей и решение вопроса о дальнейшем использовании поражённой продукции.

Профилактические мероприятия должны проводиться в обязательном порядке на всех предприятиях, занимающихся хранением или переработкой растительной продукции. Профилактические меры направлены на предупреждение массового размножения вредителей. Для этого проводят систематические обследования складов, тары, оборудования и хранящейся продукции. Особенно важно проводить профилактические обследования весной или сразу после освобождения хранилища, летом – перед приёмом нового урожая и осенью – перед началом зимнего хранения.

Профилактические мероприятия, помимо обследований, включают следующие действия:

– использование типовых складов и хранилищ, расположенных вдали от хозяйственных и животноводческих помещений;

– регулярная и тщательная очистка складов и прилегающих территорий от мусора, просыпей и пр., сжигание собранного мусора;

– обеззараживание складских помещений перед их загрузкой, независимо от того, были обнаружены вредители или нет;

– соблюдение санитарно-гигиенических требований при содержании складского оборудования, тары, спецодежды, транспорта;

– закладываемая на хранение продукция должна соответствовать требованиям нормативных документов. При отклонении её состояния от норм необходимо проводить соответствующие мероприятия по доведению качества до необходимых параметров;

– поддержание в складских помещениях надлежащего гидротермического режима;

– систематический контроль за состоянием и качеством хранящейся продукции и режимом хранения.

В случае обнаружения вредителей определяют их видовой состав, распространённость и порог вредоносности. Далее решают вопрос о выборе метода истребления и направления использования данной партии продукции.

Истребительные меры борьбы с вредителями сельскохозяйственной продукции включают физико-механические, химические и биологические методы.

Физико-механические методы предусматривают очистку заражённой продукции с помощью специальных очистительных машин; применение воздушно- солнечной сушки (где это возможно), зерносушилок, установок активного вентилирования для подсушивания зерновых масс; дополнительное понижение температуры в хранящихся массах.

При *химическом методе борьбы* проводят обеззараживание складских помещений, тары, оборудования и хранящейся продукции. В зависимости от хозяйственных и технических возможностей предприятия, а также вида и распространённости вредителя применяют разнообразные средства и способы дезинсекции:

1. *Аэрозольные* обработки с использованием аэрозольных аппаратов или специальных шашек.

2. *Газовое обеззараживание (фумигацию)* проводят в помещениях, где возможна полная герметизация. Для фумигации используют специальное оборудование или специальные приспособления. Помещение после окончания срока действия фумиганта тщательно дегазируют, так как реализация фумигированной продукции разрешается только после установления полноты дегазации. Работы по газовому обеззараживанию проводятся только под руководством опытных специалистов и с соблюдением правил личной гигиены.

3. *Влажно-газовое обеззараживание* проводят на очень сильно заражённых и не поддающихся герметизации объектах. Вследствие трудоёмкости и ряда недостатков этот приём не имеет широкого распространения.

4. *Влажное обеззараживание* применяют в слабо заражённых и не поддающихся герметизации помещениях, для обработки навесов, площадок, прискладских территорий. Обработки проводят водными эмульсиями и растворами различных препаратов с помощью опрыскивателей. Перед применением влажного обеззараживания объекты, подлежащие обеззараживанию, очищают от мусора.

Биологические меры борьбы с вредителями запасов предусматривают использование естественных врагов конкретного вредителя, применение аттрактантов и реппелентов. Но наиболее эффективным, на наш взгляд, биологическим приёмом борьбы с вредителями хранящейся продукции, является создание устойчивых сортов.

Контрольные вопросы

1. Классификация вредителей по набору пищевых субстратов.
2. Виды повреждений хранящейся продукции при развитии различных видов вредителей.
3. Класс клещей. Особенности их развития.
4. Какие виды жуков-долгоносиков обитают в зерновых массах? Особенности их развития.
5. Условия развития основных представителей класса чешуекрылых.
6. Группы мер борьбы с вредителями запасов, их характеристика.

9. САМОСОГРЕВАНИЕ И ОТПОТЕВАНИЕ ХРАНЯЩЕЙСЯ ПРОДУКЦИИ

В любой хранящейся массе сельскохозяйственной продукции складываются особые условия, отличающиеся от параметров окружающей среды. Своеобразие условий в массе продукции обусловливается рядом факторов биологического и физического происхождения. К биологическим факторам относят процессы жизнедеятельности всех живых компонентов хранящейся массы, в первую очередь, *дыхание*; к физическим факторам – *тепловыделение и влаговыделение* как результат интенсивного дыхания и испарения; *теплоёмкость и теплопроводность* хранящейся продукции; *условия рассеивания тепла и влаги*, зависящие от скважистости продукции.

Хранящиеся массы зерна, картофеля, овощей или плодов имеют сложный состав: объект хранения (представленный полноценными и дефектными экземплярами), микроорганизмы, вредители, примеси (органические и минеральные). Все живые компоненты массы дышат, окисляя белки, жиры, углеводы и выделяя углекислоту, тепло и влагу.

В массе продукции возникает постоянный, хотя и слабый, вертикальный поток тёплого и влажного воздуха. Вблизи верхней границы хранящейся массы фронт тёплого воздуха, движущегося изнутри, встречается с более холодным, спускающимся вовнутрь. Здесь, немного ниже поверхности насыпи, происходит конденсация влаги и отпотевание хранящейся продукции. Если тепло не рассеивается в окружающую среду, происходит его накопление и при определённых условиях начинается процесс **самосогревания**.

Повышенная температура (более 10 °С), влажность и хороший доступ воздуха активизируют жизнедеятельность всех организмов хранящейся массы и особенно микроорганизмов. Огромное количество тепла выделяют плесневые грибы. В клетках плесневых грибов содержится большой набор ферментов, которые разрушают покровные ткани основной культуры, открывая доступ к внутреннему содержимому для других микроорганизмов. Партии свежеубранной продукции,

имеющие повышенную влажность, содержащие много сорняков и дефектных экземпляров основной культуры, подвержены самосогреванию больше.

Интенсивность тепло- и влаговыделения сочной продукции значительно выше, чем у зерновой продукции. Объясняется это высоким содержанием воды в плодах и овощах и, как следствие, высокой интенсивностью дыхания и обмена веществ. Интенсивность тепло- и влаговыделения рассчитывают по количеству выделяемого при хранении CO_2, используя уравнение аэробного дыхания. Результаты расчетов применяют для определения повышения температуры в штабеле хранящейся продукции.

Повышение температуры в хранилище вызывает увеличение интенсивности тепловыделения и ведет к дальнейшему нагреванию массы, при этом усиливается и влаговыделение. От общей убыли массы плодов и овощей при хранении 75–85 % приходится на воду, и только 25–15 % составляют потери сухих веществ.

Интенсивность испарения можно рассчитать по убыли массы в период хранения. Опыты показывают, что она достаточно велика и неодинакова по культурам и периодам хранения (г/т в сутки):

	Осень	Зима	Весна
Картофель	270	170	290
Капуста	800	630	700
Морковь	550	270	480
Свёкла	650	280	480
Лук	480	210	430

Такого количества влаги, даже при оптимальной температуре хранения, бывает достаточно, чтобы вызвать конденсацию паров в определенных зонах штабеля и, как следствие, **отпотевание продукции**.

Опасность отпотевания усугубляется тем, что теплопроводность растительного сырья невысока. Отепление или охлаждение отдельных экземпляров при разности температур

около 10–15 °С происходит медленно: клубень картофеля принимает температуру окружающей среды только через 5–7 ч, кочан капусты – через 12–15 ч.

Низкие теплоёмкость и теплопроводность воздуха способствуют плохому рассеиванию тепла и при большой высоте штабеля возникают значительные градиенты температуры.

Если рассеивание тепла затруднено, повышение температуры может быть очень значительным, особенно во внутренних зонах больших масс продукции. В опытах ТСХА наблюдали повышение температуры в штабеле картофеля в осенний период на 0,5–0,75 °С в сутки, у капусты белокочанной – до 1,0 °С, у зеленных овощей – до 2,0 °С в сутки.

Самосогревание сопровождается значительными изменениями химического состава, семенных и технологических достоинств хранящейся продукции: происходит потеря сухих веществ, снижаются энергия прорастания и всхожесть, может понизиться масса 1000 зёрен, натура и стекловидность зерна, ухудшается качество муки (уменьшается белизна, зольность возрастает), выпеченный из такой муки хлеб отличается пониженной формоустойчивостью, тёмным заминающимся мякишем. Отпотевание картофеля, плодов и овощей, сопровождающееся повышением температуры, вызывает возникновение очагов микробиологической порчи и даже токсичности. Установлена способность обычных плесеней хранения (виды *Aspergillus, Penicillium, Mucor*) образовывать более 200 вредных и токсичных для человека и животных веществ.

В процессе самосогревания наблюдают несколько фаз, различающихся температурным градиентом, биохимическими и технологическими изменениями в хранящейся продукции:

– *в первой фазе* температура массы повышается до 30 °С. У хранящегося зерна наблюдается лёгкое обесцвечивание покровных оболочек, потеря блеска, появляется солодовый запах и слегка сладковатый вкус. Эндосперм приобретает сероватый оттенок. Зерно отличается от нормального более высоким содержанием моносахаридов, повышенной кислотностью, более

высоким кислотным числом жира. Мука из такого зерна содержит больше оболочек и имеет повышенную активность ферментов. Хлеб получается более тёмный, с солодовым запахом. Как правило, такое зерно идет на фуражные цели;

– *во второй фазе* самосогревания температура хранящейся массы повышается до 38–40 °С, заметно снижается сыпучесть, наблюдается общее потемнение покрова зёрен до темно-красного цвета, усиливается солодовый запах и добавляется запах печёного хлеба и плесени. Изменяется состав микрофлоры – уменьшается число бактерий-эпифитов и увеличивается число плесневых грибов и актиномицетов. Зерно, прошедшее вторую фазу самосогревания, может быть использовано на фураж, но чаще его отправляют для переработки на спиртовые заводы;

– *для третьей фазы* самосогревания характерно повышение температуры до 50 °С. Зерно, проходящее третью фазу, приобретает коричневую окраску, зерновая масса становится вязкой, с сильно выраженным плесневым и гнилостным запахом. Всхожесть семян резко снижается, содержание аммиака, кислотность по болтушке, кислотное число жира – очень высокие, клейковина практически не отмывается. Такое зерно можно использовать только для переработки на спирт;

– *на четвёртой фазе* самосогревания температура массы может достигнуть 70–75 °С, зерно чернеет, спекается в глыбы, приобретает гнилостный запах, и вскоре температура начинает снижаться. В зерновой массе гибнут практически все живые компоненты, в том числе и микроорганизмы. Такое зерно не используют даже для переработки на спирт.

Ухудшение биохимических и хлебопекарных достоинств зерна происходит под влиянием активной гидролитической деятельности плесневых грибов и длительного воздействия повышенных температур, оказывающих воздействие на белки, липиды и ферменты зерна. Действие этих факторов неодинаково по зонам греющейся массы, наиболее глубокие изменения происходят в поверхностном слое очага самосогревания (табл. 15).

Таблица 15

Изменение некоторых физиолого-биохимических показателей зерна пшеницы при самосогревании

Показатели	Слой насыпи зерна, м			
	очаг самосогревания			контроль
	поверхностный, 0–0,7	средний, 1,5–2,0	нижний, 2,5–3,0	средний, 1,5–2,0
Всхожесть, %	25	8	0	93
Интенсивность дыхания, мг CO_2 на 100 г сухого вещества за 24 ч	37,41	3,35	12,98	5,00
Содержание сырой клейковины, %	18,3	17,2	24,3	29,4
Качество клейковины, ед. ИДК-1	98	0	7	80
Аммиак, мг %	32,5	24,8	17,1	9,7
Кислотность по болтушке, град.	6,73	5,42	4,98	3,10
Кислотное число жира, мг КОН на 1 г жира	39,79	22,93	31,60	11,20
Автолитическая активность, %	58,7	26,0	23,2	28,9
Число падения, с	108	318	467	372

В зависимости от места расположения очага самосогревания и его распространённости различают три вида: гнездовое, пластовое и сплошное.

Гнездовое самосогревание может возникнуть в любой части хранящейся массы, иметь неодинаковые размеры и скорость развития процесса. Основные причины его возникновения – неисправность крыши или стен хранилища; засыпка в одно хранилище зерна с различной влажностью и степенью засорённости; скопление насекомых и клещей.

Пластовое самосогревание представляет собой горизонтальный или вертикальный пласт греющейся продукции. Природа пластового самосогревания – конденсация влаги вследствие перепада температур в периферийных частях насыпи. Пластовое самосогревание возникает в слоях, близко находящихся от пола, стен и поверхности насыпи. Причины, обусловливающие разновидности пластового самосогревания, неодинаковы, в связи с этим выделяют:

– *верховое самосогревание*, чаще всего наблюдающееся в условиях резко-континентального климата, поздней осенью и весной при перепадах температур, а также в массах свежеубранного недостаточно охлаждённого зерна. Осенью в таких массах довольно активно идут физиологические процессы: воздух межзерновых пространств нагревается и поднимается вверх, где, встретившись с охладившимися верхними слоями, тоже охлаждается. Парообразная влага конденсируется, а температура увлажнившегося слоя ещё благоприятна для развития микрофлоры и способствует усилению жизнедеятельности хранящейся продукции. Весной и даже в начале лета температура внутренних слоёв насыпи ещё низкая, а верхние слои прогреваются тёплым воздухом. Там, где сходятся границы теплого и холодного фронтов, также возможны конденсация водяных паров, активизация физиологических процессов в хранящейся массе и микрофлоре. При резких перепадах температур верховое самосогревание возможно даже в сухих и длительно хранившихся массах. Глубина залегания греющего слоя зависит от высоты насыпи и активности протекающего процесса. При хранении больших масс греющийся пласт может находиться на глубине 70–100 см и глубже. При высоте насыпи до 1,5 м греющийся слой образуется на глубине 20–25 см;

– *низовое самосогревание*, развивающееся в нижней части хранящейся массы на расстоянии 30–50 см от пола. Чаще такой вид самосогревания наблюдается в начале осени при засыпке плохо охлаждённого зерна на холодный пол хранилища. Этот вид очень опасен по двум причинам: во-первых, его труднее обнаружить; во-вторых, тепло, образующееся в нижних слоях насыпи, легко перемещается вверх и быстро охватывает всю хранящуюся массу;

– *вертикальное самосогревание*, характерное для хранилищ с недостаточной тепло- и влагоизоляцией стен (металлические бункера, деревянные склады), особенно если продукция соприкасается со стеной. Может такой вид самосогревания развиться и в силосах элеваторов, и при размещении продукции в складе, одна из стен которого нагревается или охлаждается под влиянием температуры наружного воздуха.

Сплошное самосогревание может быть результатом развития как гнездового, так и пластового видов, но чаще оно возникает в свежеубранных, неподработанных массах сельскохозяйственной продукции, даже при высоте насыпи около

1 м. В партиях с повышенной влажностью, содержащих большое количество различных примесей, в том числе недозрелых и травмированных экземпляров основной продукции, уже через несколько часов можно наблюдать существенное повышение температуры.

Начавшееся самосогревание не проходит само по себе и при отсутствии необходимых мер может привести к полной гибели всей хранящейся массы. Постоянное наблюдение и своевременное вмешательство специалиста с применением технических средств обеспечивает его ликвидацию. Наиболее эффективны следующие приёмы:

– интенсивная замена воздуха в массе продукции при помощи активного вентилирования, при этом ликвидируются опасные градиенты температуры и влажности воздуха;

– быстрое охлаждение хранящейся массы, так как интенсивность дыхания охлаждённой массы минимальна;

– перемещение хранящихся масс с помощью погрузчиков или других средств, при этом масса хотя и незначительно, но всё таки подсушивается и охлаждается.

При хранении сочной продукции, во избежание нежелательного сочетания условий и для предупреждения развития самосогревания соблюдают следующее правило; разница температур между верхней зоной штабеля и окружающим воздухом не должна превышать 0,2–0,4 °С. Ещё лучше, если система регулирования условий среды в хранилище позволяет поддерживать температуру над хранящейся массой на 1–2 °С выше, чем в самой массе.

Контрольные вопросы

1. Что такое самосогревание, какие факторы обусловливают его возникновение?
2. Какова скорость повышения температуры в хранящихся массах?
3. Как изменяются показатели качества зерна, семян и сочной продукции в процессе самосогревания?
4. Назовите фазы самосогревания, дайте их характеристику.
5. Виды самосогревания. Какие причины вызывают тот или иной его вид?
6. Как можно устранить начавшееся самосогревание?

10. ПРИЁМЫ ПОДГОТОВКИ ПРОДУКЦИИ К ХРАНЕНИЮ

Свежеубранная продукция растениеводства при поступлении к месту хранения имеет очень разнообразный физический состав: в ней, кроме полноценных объектов основной культуры, присутствуют дефектные (повреждённые в процессе уборки, вредителями, грызунами) объекты и примеси органического и минерального происхождения, возможно присутствие вредителей. Наличие примесей существенно снижает устойчивость продукции при хранении, так как объекты основной культуры и примеси различаются по влажности, химическому составу, физиологической активности, восприимчивости к микроорганизмам. Практически для всех партий растительной продукции, подлежащих хранению и реализации, проводят набор приёмов, повышающих устойчивость продукции при хранении и улучшающих её характеристики при дальнейшей переработке. К таким приёмам относят очистку от примесей, калибровку, активное вентилирование, сушку, борьбу с вредителями, искусственное охлаждение, химическое консервирование и др.

При выборе того или иного приёма подготовки продукции необходимо провести предварительную оценку её состояния и сделать прогноз целесообразности предлагаемых мероприятий. Следует составить технологическую схему на весь период работы с данной партией, учитывая производительность имеющегося оборудования, возможность создания поточной линии, состоящей из различных очистительных машин, сушилок, установок активного вентилирования и т. д.

Очистка. Это освобождение основной продукции от семян и различных частей других культурных растений, семян и стеблей сорняков, механических примесей (комочков земли, камней, песка, металлической примеси). Своевременное удаление (во время или сразу после уборки) из основной массы всех примесей и пыли резко снижает её физиологическую активность, но повышает жизнеспособность и сохранность. Эффективность очистки зависит от правильности подбора очистительных машин, установки и регулирования рабочих органов.

Принцип работы очистительных машин основан на различиях основной культуры и примесей по толщине, ширине, длине, парусности, удельному весу, состоянию поверхности и т. д. В зависимости от того, какой признак (или группа признаков) является основным в конкретной ситуации, подбирают машины и их рабочие органы для работы с данной партией продукции.

Для разделения зерна и семян по толщине и ширине, удаления земляных комочков, соломистых остатков и др. применяют *воздушно-решётные машины*. Основной рабочий орган таких машин – съёмные решёта с отверстиями, различающимися по форме и размерам. Для отделения зерна и семян от примесей по толщине используют решёта с продолговатыми отверстиями, через которые проходят примеси, толщина которых меньше ширины отверстия. Для разделения по ширине применяют решёта с круглыми отверстиями, через которые могут пройти частицы, ширина которых меньше диаметра отверстий, и они располагаются продольной осью перпендикулярно к поверхности решёта. Разделение по длине осуществляется на ячеистых поверхностях. Если на такую поверхность, свёрнутую в виде цилиндра (цилиндрический *триер*), насыпать зёрна, то некоторые из них поместятся в ячейках, а некоторые нет. При вращении цилиндра с его внутренней поверхности скатятся сначала длинные зёрна, не поместившиеся в ячейках, а затем выпадут короткие зёрна и семена, которые попадают в отдельный желоб очистительной машины. В машинах такой конструкции хорошо отделяются трудноотделимые примеси (овсюг, костёр ржаной, гречиха татарская и др.).

Различия в парусности зерна и примесей используют в машинах, где разделение происходит с помощью воздушного потока. Если зерновую массу подавать в канал с вертикальным воздушным потоком, движущимся снизу вверх, то каждая частица массы будет находиться под действием двух сил: давления воздушного потока и собственного веса. В зависимости от величины этих сил частица будет подниматься или опускаться, или находиться во взвешенном состоянии. Каждый поток выводится в соответствующий канал.

При разделении зерна и примесей по удельному весу их подают на колеблющиеся плоскости с отверстиями, через которые поступает поток воздуха. Зерновая смесь при этом расслаивается – зёрна с большим удельным весом опускаются вниз, с меньшим удельным весом – поднимаются вверх. И те и другие отводятся в разные приёмники. Различия в состоянии поверхности семян (различия в коэффициенте трения), используют, когда очистку проводят на *семяочистительных горках*.

По окончании процесса очистки проводят контрольное определение засорённости, так как нахождение примесей в массе продукции нормируется стандартами и определяется культурой и назначением данной партии. Особо жёсткие требования предъявляются к наличию в очищенной массе вредных и металлических примесей.

Очистку партий картофеля, моркови, свёклы и др. проводят на специальных пунктах, где совмещают операции по очистке, калибровке и сортированию массы. Такие пункты снабжают очистительными и всеми сопутствующими машинами и оборудованием, как правило, они носят специальные названия, например, картофелесортировальный пункт.

При современных технологиях выращивания некоторых пропашных культур (кукуруза, свёкла, подсолнечник, соя) необходимо высевать строго заданное количество семян или размещать на поле определённое количество посадочного материала (клубни картофеля, маточники свеклы, моркови, капусты). Для этого семена и посадочный материал *калибруют*, т.е. разделяют на фракции, количество которых зависит, прежде всего, от культуры. Калибровку проводят на специальных калибровочных машинах или, подбирая соответствующие рабочие органы, на очистительных машинах.

В опытах профессора Н.Ф. Коняева на овощных культурах и в наших опытах (З.М. Медведева) на сое при высеве калиброванных семян с одинаковой штучной нормой высева урожайность не снижалась. При высеве некалиброванных семян наблюдалось достоверное снижение урожайности по всем изучаемым культурам.

Активное вентилирование. Это принудительное продувание воздухом неподвижно хранящихся масс сельскохозяйственной продукции. Применяется активное вентилирование при хранении продовольственного и семенного зерна, семян овощных и технических культур, картофеля, сахарной свёклы, семенников овощных культур и других растительных материалов. Эффективность активного вентилирования зависит от физических характеристик культуры (скважистости, сорбции, тепло- и температуропроводности), её состояния (влажности, температуры, степени засорённости), а также от правильно выбранных параметров этого приёма (удельной подачи воздуха, его температуры и влажности). Большое значение имеет конструкция воздухораспределительной системы, которая обеспечивает равномерность омывания воздухом хранящейся продукции.

При активном вентилировании идут два разнонаправленных процесса:

– подаваемый воздух обогащает кислородом межзерновые или межклубневые пространства, что способствует усилению дыхания, тепло- и влаговыделения. В результате активизируются биохимические и физиологические процессы, продукция – деконсервируется;

– подаваемый воздух усиливает процесс испарения влаги из продукции, она охлаждается, биохимические реакции и дыхание замедляются, вентилируемая масса консервируется.

Активное вентилирование применяют для выравнивания влажности и температуры в хранящейся массе, обновления состава воздуха между экземплярами (аэрация), снижения влажности и устранения самосогревания, для быстрого охлаждения и временной консервации продукции, для ускорения процессов послеуборочного дозревания. Активное вентилирование используют при проведении газации и дегазации, для воздушно-теплового обогрева семян и посадочного материала после зимнего хранения.

Преимущества активного вентилирования перед другими приёмами, используемыми в послеуборочный период, в том,

что оно практически исключает механическое травмирование продукции, и это наиболее дешёвый и нетрудоёмкий способ консервации.

В основе процесса активного вентилирования лежит скорость влагообмена между продукцией и воздухом, которая зависит от давления водяного пара атмосферного воздуха и давления пара внутри зерновки или другого органа растений. Если возникает разница между давлениями водяного пара, начинается влагообмен. Влага из зоны большего давления переходит в зону меньшего давления, и этот переход продолжается до тех пор, пока не произойдёт выравнивания давлений, т.е. не наступит динамическое равновесие. Влажность продукции, соответствующая динамическому равновесию, называется равновесной влажностью. Величина равновесной влажности зависит от культуры, степени зрелости массы, её температуры и влажности, температуры и влажности воздуха.

Равновесная влажность зерна – это состояние зерновой массы, при котором количество поглощённой из воздуха воды в единицу времени равно количеству выделившейся воды, т.е. это такое состояние, при котором влажность зерна не изменяется. Равновесная влажность позволяет определить возможность и эффективность активного вентилирования в конкретных условиях. Если равновесная влажность больше фактической влажности зерна, то оно будет увлажняться, но если равновесная влажность меньше фактической влажности зерна, то оно будет подсушиваться. При установлении возможности вентилирования конкретной массы надо определить: влажность и температуру зерна, влажность и температуру воздуха, равновесную влажность. Влажность зерна определяют электровлагомерами или методом высушивания, температуру зерна – термоштангами или термощупами, температуру и относительную влажность воздуха – психрометром Августа. Равновесную влажность можно определить по табл. 16, по номограммам ВНИИЗ (рис. 1, 2 прил. 4), в которых учтены сочетания влажности и температуры зерновой массы и воздуха.

Таблица 16

Равновесная влажность семян при температуре 20 °С

Культуры	Относительная влажность воздуха,%					
	50	60	70	80	90	100
Пшеница, ячмень	12,2	13,5	15,2	17,4	20,8	35,5
Рожь	11,8	13,1	14,3	16,0	19,9	36,5
Овес	10,8	12,0	14,5	16,8	19,9	31,4
Просо	11,6	12,7	14,3	15,9	18,3	30,1
Горох, бобы	11,9	13,5	15,0	17,1	22,0	38,6

Определение равновесной влажности проводят через каждые 6 ч (в 1, 7, 13 и 19 ч) в устойчивую погоду и через каждые 3 ч в дождь и туман. Полученные данные равновесной влажности сравнивают с фактической влажностью зерновой массы и решают вопрос о необходимости и возможности вентилирования.

Общие правила активного вентилирования зерновых масс следующие:

– холодный и сухой воздух (с относительной влажностью до 70 %) всегда полезен, так как он быстро охлаждает зерновую массу и подсушивает её;

– холодный и сырой воздух (с относительной влажностью 80–90 %) можно применять для охлаждения зерновых масс с повышенной влажностью или повышенной (более 20 °С) температурой;

– греющееся зерно можно вентилировать даже влагонасыщенным холодным воздухом, охлаждение будет наблюдаться до температуры, близкой к температуре атмосферного воздуха;

– для уничтожения насекомых нагнетают холодный воздух, имеющий температуру от –15 до –20 °С;

– теплый и сухой воздух используют для подсушивания свежеубранного зерна, замены воздуха межзерновых пространств, при послеуборочном дозревании семян, для обогрева семян весной;

– газацию и дегазацию зерновых масс активным вентилированием можно проводить холодным или тёплым сухим воздухом в зависимости от состояния вентилируемой массы и вида фумиганта.

Следует помнить, что теплый и влажный воздух всегда действует на зерновую массу отрицательно.

Под ***режимом активного вентилирования*** подразумевают совокупность регулируемых параметров, способствующих полному сохранению качества обрабатываемой продукции. Выбор режима вентилирования зависит от культуры, назначения данной партии продукции, состояния массы и окружающей среды. Регулируют удельную подачу воздуха, его температуру и влажность, продолжительность вентилирования, высоту насыпи. Учитывают часовой расход воздуха на 1 м^2 площади пола установки активного вентилирования.

Удельная подача воздуха – это количество воздуха, проходящее через 1 т вентилируемой массы за 1 ч. Определяют удельную подачу по формуле

$$q = \frac{V}{m}, \text{ м}^3/\text{ т} \cdot \text{ч}, \qquad (3)$$

где V – объем воздуха, м^3/ч;

m – масса продукции, т.

Минимальная удельная подача воздуха при различной влажности зерновой массы приведена в табл. 17. При недостаточном нагнетании воздуха в обрабатываемую массу эффект вентилирования снижается или оно не достигает цели.

Таблица 17

Минимальная удельная подача воздуха при различной влажности зерновой массы (для установки УСВЧ-62)

Влажность,%	Удельная подача, (не менее), м^3/ч·т	Высота насыпи (не выше), м	
		зерновые, зернобобовые	просо
16	30	3,5	2,0
18	40	2,5	2,0
20	60	2,0	1,8
22	80	2,0	1.6
24	120	2,0	1,5
26	160	2,0	1,5

Представление об общей потребности в воздухе при активном вентилировании даёт число обменов или часовой расход воздуха на 1 м^2 площади пола установки. За один обмен принимается количество воздуха в межзерновых пространствах вентилируемой массы, его величина зависит от объёма массы и её скважистости. Для проветривания зерновой массы при послеуборочном дозревании достаточно 200–400 обменов в сутки, для охлаждения – 800–1000, для ликвидации самосогревания – 1000–1600 и для подсушивания – 1500–2000 и более.

Профилактическое вентилирование проводят периодически при временном похолодании или в ночное время для сохранения всех положительных характеристик хранящейся массы. При выборе удельной подачи воздуха учитывают влажность массы и высоту насыпи (см. табл. 17).

Активное вентилирование зерновой массы с целью ***охлаждения*** до 0–10 °С в условиях Западной Сибири возможно во время приёма зерна и в течение 1,5 месяца по окончании засыпки. Для этой цели используют ночные или дневные похолодания в осенний период. Оптимальная продолжительность охлаждения 1–2 суток, максимальная – от 6 до 10 дней. Скорость охлаждения вентилируемой массы зависит от разности температур зерна и воздуха, удельной подачи воздуха, а её определение (табл. 18) позволяет рассчитать продолжительность охлаждения. Охлаждать зерно лучше всего воздухом, температура которого ниже температуры зерна в хорошую погоду не менее чем на 4–5 °С, в пасмурную – на 8–10 °С.

Таблица 18

Средняя скорость охлаждения зерна, °С/ч

Разность температуры воздуха и зерна, °С	Удельная подача воздуха, м^3/ т· ч							
	20	40	60	80	100	120	140	160
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32
10	0,08	0,10	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56	0,64
15	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60	0,72	0,84	0,96
20	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96	1,12	1,28

Окончание табл. 18

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60
30	0,24	0,48	0,72	0,96	1,20	1,44	1,68	1,92
35	0,28	0,56	0,84	1,12	1,40	1,68	1,96	2,24
40	0,32	0,64	0,96	1,28	1,60	1,92	2,24	2,56

При вентилировании только определённое количество воздуха позволяет предупредить развитие нежелательных процессов. Если в вентилируемую массу подаётся недостаточно воздуха, она может отпотевать и увлажняться. Такие условия способствуют быстрому развитию микроорганизмов и порче продукции. Режимы охлаждения зерна и семян на установках активного вентилирования приведены в табл. 19.

Таблица 19

Режимы охлаждения семян на установках активного вентилирования при временном консервировании

Влажность семян, %	Минимальная удельная подача, $м^3$ /т·ч	Максимальная высота насыпи, м	Время охлаждения, ч	Условия охлаждения
До 20	60–80	2–3	24–36	Вентилировать при температуре воздуха ниже температуры зерна на 4–5 °С в ясную и 8–10 °С в пасмурную погоду
21–24	100–120	1–1,5	15–20	Возможно круглосуточное вентилирование, в дождь отключать
25–26	160–200	1–1,2	10–15	Круглосуточно, в любую погоду
Более 26	300–500	0,8–1	4–6	Круглосуточно, в любую погоду
Греющиеся семена	400–500	0,8–1	4–5	Круглосуточно, в любую погоду

Ориентировочные сроки безопасного хранения охлаждённого зерна приведены в табл. 20.

Таблица 20

Ориентировочные сроки безопасного хранения зерна

Влажность, %	Температура, °С	Сроки хранения		
		семян	продовольственного зерна	фуражного зерна
15,0–16,5	8–10	1–1,5 года	Длительно	Длительно
16,5–18,0	5–7	4–6 месяцев	8–14 месяцев	10–20 месяцев
18,0–20,0	5	2–3 месяца	6–10 месяцев	8–16 месяцев
20,0–22,0	5	3–4 недели	8–12 недель	16–40 недель
22,0–25,0	5	1–2 недели	3–8 недель	10–20 недель
25,0–30,0	4–5	2–3 дня	5–10 дней	14–30 дней

Вентилирование с целью ***временного консервирования*** применяется для лучшей сохранности продовольственного и фуражного зерна с повышенной влажностью и непродолжительного хранения семян до начала послеуборочной подработки. При этом независимо от разности температур необходимо подавать следующее количество воздуха:

Влажность зерна, %	Количество воздуха, $м^3/т$	Максимальная высота насыпи, м
До 17	1000–1500	3–4
До 20	1700	2–3
Больше 20	2000	1,5–2

Продолжительность вентилирования при временном консервировании определяют по формуле

$$T = \frac{ОП}{УП}, \text{ ч}, \qquad (4)$$

где ОП – общая подача воздуха, $м^3/т$;

УП – удельная подача, $м^3/ т \cdot ч$.

Активное вентилирование подогретым воздухом – один из важнейших способов сушки семян бобовых и масличных

культур, так как предупреждает растрескивание семян, не снижает их посевных и технологических свойств. Применяют его и для сушки зерновых культур с повышенной влажностью, в первую очередь семенных и малых партий.

Интенсивность сушки активным вентилированием зависит от влагоотдающей способности культуры, температуры и влажности теплоносителя, удельной подачи воздуха.

Относительную влажность вентилируемого воздуха можно снизить подогревом, так как при повышении температуры на 1 °С его влажность понижается на 4–6 % и при этом возрастает скорость сушки (прил. 5).

При сушке зерна или семян подогретым на 5–6 °С воздухом влажность его не опускается ниже 60–65 %, продукция при этом не перегревается и не пересушивается. При использовании для активного вентилирования воздуха, температура которого выше 40 °С, относительная влажность его снижается до 15–20 % и обрабатываемая масса может сильно пересушиваться. Предельная температура нагрева подаваемого воздуха при сушке приведена в табл. 21. Оптимальная температура нагрева воздуха при сушке товарного зерна 45–50 °С, семян – 30–35 °С.

Таблица 21

Предельная температура воздуха на входе при сушке на установках активного вентилирования, °С

Культура	Влажность,%	
	до 22	23–26
Пшеница	45–50	40–45
Рожь	50–55	45–50
Ячмень, овес	55–60	45–50
Горох	35–40	30–35

Удельную подачу воздуха при сушке активным вентилированием определяют в зависимости от крупности и влагоотдающей способности зерна, исходной влажности и высоты насыпи (табл. 22). Как показала практика, массы зерна средней влажности (на 2–3 % выше критической) целесообразнее сушить при небольших значениях удельной подачи воздуха –

200–500 м^3/т·ч. При более высокой влажности зерна скорость сушки увеличивается, что требует большего расхода воздуха: до 800–1000 м^3/ т·ч для семян бобовых и до 1500 м^3/т·ч для семян и зерна других культур.

Таблица 22

Удельная подача воздуха при сушке зерна на установках активного вентилирования

Продукция	Исходная влажность, %	Максимальная высота, м	Удельная подача, м^3 /т ·ч
Зерновые и зернобобовые	До 17	1,0	200–500
Зерновые и зернобобовые	Больше 17	0,6–0,8	1200–1700 (до 2000)
Семена бобовых	Больше 17	0,5–0,7	800–1200
Мелкосемянные	Любая	0,3–0,5	До 2000

В процессе сушки активным вентилированием наблюдается расслоение высушиваемой массы на 3 зоны:

1-я зона (нижняя) – температура зерна равна температуре подаваемого воздуха, влажность снижена;

2-я зона (средняя) – переходная;

3-я зона (верхняя) – температура близка к исходной температуре зерна, влажность, как правило, выше исходной.

Зона сушки постепенно перемещается по направлению движения воздуха и её толщина зависит от удельной подачи воздуха и начальной влажности зерна.

Продолжительность сушки на установках активного вентилирования можно определить по формуле (5), но она не должна превышать 6–10 дней.

$$T = \frac{W_1 - W_2}{14,8 \cdot 10^{-6} \cdot g \cdot (t_н - 13)}, \text{ ч}, \qquad (5)$$

где W_1 – влажность зерна до сушки;

W_2 – влажность зерна после сушки;

g – фактическая удельная подача воздуха;

$t_н$ – температура воздуха на входе;

цифровые данные – коэффициенты.

Возможное пересушивание нижних слоёв вентилируемой массы можно устранить периодическим продуванием холодным или атмосферным воздухом, а также уменьшением высоты насыпи.

Важное условие качественного процесса сушки – равномерное распределение массы продукции по площади пола установки активного вентилирования. Контроль процесса сушки, а также способы регулирования параметров сушки зерна активным вентилированием приведены в прил. 6.

Вентилирование семенного зерна применяют для ускорения послеуборочного дозревания; для охлаждения и в некоторых случаях для промораживания; сохранения жизнеспособности семян в процессе хранения (удаление накопившегося CO_2); весеннего обогрева семян.

Осенью вентилируют вначале подогретым до 18–36 °С воздухом (дозревание), а затем охлаждают атмосферным, не допуская понижения температуры семян ниже –18 °С. Экономически целесообразно охлаждение заканчивать при температуре семян 3–5 °С. Весной семенное зерно вентилируют воздухом, подогретым до 30 °С. Удельная подача воздуха при работе с семенным материалом выбирается как при профилактическом проветривании.

Типы установок активного вентилирования зерна. Для активного вентилирования зерна используют специальные установки. В одних зерновая масса пронизывается потоками воздуха по вертикали, в других воздух распределяется радиально. В складах, на площадках и на токах для активного вентилирования применяют стационарные, напольно-переносные и передвижные конструкции. В стационарных установках воздуховоды расположены в полу хранилища или площадки. Сеть воздуховодов имеет, как правило, центральный канал и боковые ответвления. Для поддержания одинакового давления в различных частях вентиляционной сети сечение воздуховодов уменьшают до 30 % по мере удаления от вентилятора.

В складах, не оборудованных стационарными установками для активного вентилирования, применяют напольно-переносные установки. Каналы-воздуховоды, которые в сечении имеют форму равностороннего треугольника, укладывают на пол склада, при помощи патрубков их соединяют с передвижным вентиляционным агрегатом. Наиболее распространены воздуховоды из дерева, которые могут иметь не очень большие размеры, но при соединении их между собой с помощью специальных креплений можно получить необходимую длину. Напольно-переносные установки также могут быть смонтированы под навесами или на открытых площадках.

Бункерные установки активного вентилирования имеют цилиндрическую или прямоугольную форму, высота их зависит от места монтажа: силосы элеваторов могут достигать 30 м, вентилируемые бункера в хозяйствах – 8–12 м. Бункера оборудованы специальными каналами для нагнетания воздуха в насыпь. На современных предприятиях используют для вентилирования аэрожелоба. Они представляют собой устройства, в которых сочетается перемещение зерна с одновременным активным вентилированием.

При закромном хранении семян и для активного вентилирования небольших партий зерна иногда применяют передвижные трубные установки.

Активное вентилирование картофеля, плодов и овощей применяют для поддержания оптимальной температуры и влажности воздуха при их хранении. Продувая через штабель продукции воздух нужной температуры и влажности, можно ликвидировать разницу температур по слоям массы и в целом по хранилищу. В результате устраняется отпотевание верхних слоёв массы и самосогревание внутри штабеля и нижних слоёв. Продувание продукции, убранной в дождливую погоду, сдерживает развитие микрофлоры и болезней. Аэрация картофеля в начале хранения способствует отложению суберина (жироподобного вещества) и ускоряет процесс образования раневой перидермы.

Использование при вентилировании ночных пониженных температур в осенний период в условиях Западной Сибири

позволяет быстро охладить продукцию, закладываемую на хранение. Поддерживать оптимальную температуру в массе и в хранилище в основной период хранения также можно при периодическом включении установок активного вентилирования. Во время сильных морозов вентиляцию производят воздухом, находящимся в хранилище, иногда с подмешиванием наружного. Для быстрого охлаждения картофеля и корнеплодов необходимо подавать 50–70 м^3 воздуха в 1 ч на 1 т продукции, а для капусты 100–120 м^3/ т·ч.

В стационарных картофеле- и овощехранилищах чаще всего используют системы вентилирования с центральной или боковой подачей воздуха. При системе боковой подачи воздуха вентилятор монтируют около наружной стены хранилища. Засасываемый вентилятором через приточное отверстие воздух подаётся в канал, проходящий под полом хранилища. Через решётчатый пол или решётчатые треугольные распределители воздух поступает в массу продукции, проходит через неё вверх, а затем выходит наружу через вытяжные отверстия. При системе центральной подачи воздух забирается снаружи с торцовой стороны хранилища и по центральному воздуховоду распределяется в боковые ответвления распределительной системы. При такой системе можно подключать передвижные холодильные или нагревательные установки, которые помещают в вентиляционные каналы со стороны прохода. Для удаления теплого и влажного воздуха предусматривают вытяжные трубы, на которых тоже монтируют вентиляторы.

Для эффективного ведения процесса активного вентилирования важно правильно определить требуемую мощность вентилятора и при необходимости устанавливать их два и более. Для условий Сибири производительность вентилятора должна быть 50–70 м^3 воздуха в 1 ч на 1 т продукции. Наилучшая скорость движения воздуха на входе в хранилище – 5 м/с, в вытяжных трубах – 3 м/с. Как правило, современные установки активного вентилирования комплектуются системой автоматического управления режимом хранения, которые отслеживают температуру и влажность наружного воздуха,

температуру и влажность воздуха в штабеле хранящейся продукции. Вентилятор автоматически включается, когда температура наружного воздуха опустится ниже температуры хранения в данный момент, и выключается, когда температура снаружи будет выше температуры воздуха в штабеле. Для предупреждения подмораживания продукции устанавливают датчик противоморозной защиты, который выключает всю систему в случае опасного понижения температуры.

В условиях производства не всегда хватает типовых установок активного вентилирования и возникает необходимость в сооружении нетиповых установок. При разработке проекта нетиповой установки активного вентилирования учитывают: набор культур, средние показатели качества зерна (влажность, натура), мощность имеющихся вентиляторов. Как правило, нетиповую установку проектируют из двух смежных секций, площадь каждой от 30 до 70 м^2. Рекомендуемая высота насыпи 0,7–0,8 м, соответственно определяют высоту ограждения. На высоте 30–40 см от пола устраивают деревянный настил, поверх которого укладывают металлическую сетку. Патрубки от вентилятора направляют под сеткой в каждую секцию. Воздух нагнетается в секции попеременно: когда подача воздуха осуществляется в одну секцию, во второй идет загрузка или разгрузка вентилируемой массы или её отлёжка.

Только правильная организация вентилирования (выбор установки и подбор мощности вентиляторов, регулирование параметров активного вентилирования с учётом состояния продукции и окружающей среды) позволяет получать максимальный эффект от этого приёма.

Сушка зерна и семян. Сушка – частичное обезвоживание зерновой продукции до влажности, близкой к критической. Это важнейший технологический приём, обеспечивающий сохранность зерна и семян различных культур, а также возможность их использования для переработки. Природно-климатические условия нашей страны таковы, что до 50 % убираемого зерна имеет повышенную влажность и нуждается в искусственной сушке. При влажности зерна и семян более 20–25 %

в зерновой массе очень активно идут физиологические процессы, интенсивно размножается микрофлора, особенно плесневые грибы, активизируются хлебные клещи. В таких массах часто развивается самосогревание, завершающееся ухудшением товарных и посевных качеств партии.

Все способы сушки основаны на сорбционных свойствах зерна и семян. При десорбции влаги из зерновки её влажность снижается, т.е. она высушивается. Продолжительность и эффект высушивания зависят от свойств и состояния *объекта сушки*, а также от состояния и свойств материала или среды, обладающих большой сорбционной способностью (влагоёмкостью), которые называются *агентом сушки*.

В зависимости от природы агента сушки способы сушки разделяют на две группы:

– сушка без использования тепла;

– сушка с использованием тепла.

В первой группе агентами сушки могут быть химические вещества (активированный уголь, сульфат натрия и др.), сухой природный или искусственно охлаждённый обезвоженный воздух. Во второй группе в зависимости от способа передачи тепла объекту сушки различают радиационную, контактную, конвективную сушку и сушку электротоком.

Радиационная сушка осуществляется передачей тепла излучением от источников без соприкосновения с высушиваемой массой. В южных регионах и при уборке зерна с пониженной влажностью используют воздушно-солнечную сушку. Воздушно-солнечная сушка благоприятна для послеуборочного дозревания, способствует стерилизации массы (погибает большая часть микроорганизмов и частично вредители). Для этого приёма оборудуют специальные площадки с уклоном в 6°, на которые рассыпают тонким слоем (от 5 до 20 см) зерно или семена. В течение дня высушиваемую массу перелопачивают, а на ночь укрывают. За сутки при хорошей погоде можно понизить влажность массы на 1–3 %.

Разработан способ сушки зерна инфракрасным излучением, но вследствие большого расхода электроэнергии этот способ в практике не используется.

Контактная сушка осуществляется в результате соприкосновения объекта сушки с нагреваемой поверхностью. Толщина насыпи на поде ограничена возможностью отпотевания верхнего слоя сырья, технология сушки требует постоянного перемешивания, чтобы избежать пересушивания нижнего слоя. В настоящее время подовые сушилки используются на малых предприятиях по переработке семян масличных культур и в фермерских хозяйствах.

Сушка в электрическом поле токов высокой частоты (ТВЧ) протекает очень быстро, без снижения качества зерна и семян, но применение этого метода сдерживается из-за большого расхода электроэнергии.

Конвективная сушка является основным способом сушки зерна и семян во многих странах мира в том числе в России, Канаде, США, в большинстве стран Европы. При конвективной сушке теплоносителем (агентом сушки) является нагретый воздух. Тепло для нагрева зерна и испарения из него влаги передаётся конвекцией от движущегося через высушиваемую массу воздуха. Зерновая масса при этом, в зависимости от конструкции сушилки, может находиться в разрыхленном, падающем, псевдоожиженном состоянии (в пневмогазовых сушилках), неподвижном (при активном вентилировании подогретым воздухом), перемещаться сплошным слоем (в шахтных сушилках).

Конвективная сушка основана не только на сорбционных, но и на многих других свойствах зерна и зерновой массы: влагоотдающей способности, термоустойчивости, скважистости, сыпучести, теплопроводности, теплоёмкости и др. Не меньшее значение имеют физические свойства агента сушки: влагоёмкость, теплоёмкость, тепло- и влагоперенос в процессе сушки.

Влагоотдающая способность культуры определяется анатомическими и морфологическими особенностями зерновки, химическим составом, содержанием и видом влаги. Свободная вода (при влажности зерновки выше критической) находится в менее прочной связи с тканями семени и удаляется значительно легче. Химически связанная вода удерживается тканями семени прочнее, и её удаление может приве-

сти к изменениям структуры химических соединений зерна и потере качества. Чем более плотны и менее пористы части зерновки, тем меньшей влагоотдающей способностью они характеризуются. Семена зернобобовых культур имеют более низкую (в 5–7 раз в сравнении с пшеницей) влагоотдающую способность, так как в их составе значительно больше белковых веществ, которые удерживают влагу сильнее, чем другие химические соединения. Влагоотдающая способность условно выражается коэффициентом культуры ($К_к$), который для гречихи равен 1,25; ржи – 1,10; пшеницы, ячменя, овса – 1,00; проса, пшеницы сильных сортов – 0,80; ячменя пивоваренного – 0,60; гороха – 0,50; бобов, люпина, фасоли – 0,10–0,20.

Термоустойчивость (максимальная температура нагрева, при которой сохраняются показатели качества) зерна и семян зависит от их свойств, исходной влажности и целевого назначения партии, скорости нагрева. Отмечается различная термоустойчивость в пределах одного рода: сорта стекловидных пшениц более термоустойчивы, чем мучнистые. Наименее термоустойчивы кормовые бобы, соя, фасоль и зерно риса. Партии семенного зерна обладают пониженной термоустойчивостью в сравнении с продовольственным зерном, а партии, предназначенные для мукомольного производства, менее термоустойчивы, чем фуражное зерно.

Термоустойчивость зерна и семян находится в прямой зависимости от начальной (до сушки) влажности семян: чем она выше, тем чувствительнее они к перегреву. Такое положение вызывает необходимость дифференцировать режимы сушки различных по влажности партий зерна и семян и формировать партии по группам: до 18 %; до 20; до 26 и более 26 %. Немаловажное значение имеет скорость нагрева объекта сушки и продолжительность теплового воздействия агента сушки. Эти параметры зависят от конструктивных особенностей сушилки и выбранного режима сушки.

Режимы конвективной сушки на зерносушилках различных конструкций включают три основных понятия:

– *предельно допустимая температура нагрева зерна*, обеспечивающая наиболее эффективный процесс сушки без по-

нижения качества объекта сушки. Этот показатель зависит от культуры (её термоустойчивости), влажности зерна до сушки и целевого назначения партии (семенное зерно сушат в более щадящем режиме, чем продовольственное);

– *предельно допустимая температура нагрева агента* сушки при его поступлении в рабочую камеру. При пониженной температуре агента сушки, рекомендованной для данной партии, зерно не нагревается до нужной температуры или для достижения этого приходится увеличивать срок пребывания объекта сушки в камере, что снижает производительность сушилок;

– *предельно допустимый влагосъём* – максимальное количество влаги, которое может быть удалено из зерна за один проход через сушильную камеру. При сушке вода внутри зёрен перемещается как в жидком, так и в парообразном состоянии. Если влага перемещается в виде жидкости и испарение её с поверхности равно внутреннему переносу, то зона сушки будет находиться на поверхности зерновки, и она не перегревается и не пересушивается. При очень быстром съёме влаги вода из внутренних слоёв зерновки не успевает достичь её поверхности, и зона испарения перемещается вглубь зерна. Наблюдаемый при этом закал зерна сопровождается деформацией клеток, разрывом тканей зародыша, появлением внутренних и внешних трещин. Малый съём влаги может вызвать набухание зёрен и их запаривание. Большинство типов сушилок обеспечивают съём влаги за один пропуск 6–8 % для зерна продовольственного назначения и 4–5 % для посевного материала.

Снижение предельно допустимых температур нагрева зерна и агента сушки уменьшает съём влаги и увеличивает себестоимость сушки, превышение же приводит к перегреву и ухудшает качество зерна, иногда делая его непригодным для использования по назначению.

Существенное значение для выбора режима сушки имеет исходная влажность зерна. Чем оно влажнее, тем ниже должна быть температура нагрева в начальный период сушки. При большой влажности зерна обычно применяют ступенчатый (дифференцированный) режим сушки, снижая влажность за

один пропуск через зерносушилку от 3 до 5%. Для снижения отрицательного воздействия сушки на зерно и семена между пропусками продукцию охлаждают атмосферным воздухом и, если возможно, делают отлёжку высушиваемой массы в специальных бункерах в течение 5–6 ч. Особенно важно применять отлёжку при сушке бобовых культур.

При конвективной передаче тепла температура агента сушки постепенно снижается, а влажность воздуха увеличивается. Относительная влажность воздуха при выходе из камеры не должна превышать 100%, иначе может произойти конденсация паров на просушиваемом зерне и его запаривание.

Основные показатели режимов сушки приведены в табл. 23.

Таблица 23

Режимы сушки зерна на шахтных сушилках (по М. А. Казаниной, В. Я. Воронковой и др.)

Культура	Исходная влажность, %	Кол-во пропусков	Максимальная температура, °С		Допустимый влагосъем, %		
			теплоносителя	нагрева семян	фуражное зерно	продовольственное	семенное
Пшеница, рожь, ячмень, овес	До 18	1	70	До 45	4–5	3–4	2–3
	До 20	1	65	43–45	6–7	6–7	3–5
	До 26	1	60	42–43	4–5	4–5	2–3
		2	65	43–44	7–8	6–8	5–7
	Больше 26	1	55	40	6–8	6–7	5–6
		2	60	42	10–14	10–12	7–9
Гречиха, просо	До 18	1	55	40	4–6	3–5	3–4
	До 20	1	55	40	6–7	5–6	4–5
	До 25	1	50	38	4–5	3–5	3–4
		2	55	40	5–7	4–6	4–5
	Больше 25	1	45	35	4–5	4–6	3–4
		2	55	40	8–10	6–8	7–8
Люпин, горох,	До 18	1	50	38	4	4	3
	До 21	1	45	35	2–3	1–2	1–2
		2	50	38	3–4	3–4	2–3
	До 25	1	35	30	2–3	2–3	1–2
		2	45	35	3–5	3–4	3–4
		3	50	38	5–7	5–6	4–5

Конструкции зерносушилок, применяемые в мировой практике для конвективной сушки, довольно разнообразны, но наиболее распространенны *шахтные сушилки*. Рабочая камера таких сушилок представляет собой металлический бункер-шахту. Внутри неё размещены металлические короба, позволяющие сделать зерновую массу более разрыхленной и доступной для омывания агентом сушки. В некоторых странах для разрыхления зернового слоя в шахте используют металлические шары и др.

Зерновая масса под действием силы тяжести и механического давления верхних слоёв движется вниз, навстречу ей подаётся нагретый до заданной температуры воздух. Просушенное зерно через 40–60 мин удаляется из сушильной камеры через выпускное устройство, расположенное в её нижней части, и подаётся в охладительную колонку, где влажность зерна ещё несколько снижается. В одних сушилках часть самых нижних коробов используется для охлаждения зерна, в некоторых других охладительные камеры устраивают между зонами сушки. При многоступенчатой сушке зерновая масса после охлаждения в охладительных колонках вновь подаётся в сушильную камеру и опять охлаждается. В некоторых конструкциях зерносушилок предусмотрено наличие двух шахт, что позволяет при многоступенчатой сушке одну шахту использовать для сушки в режиме первой ступени, вторую – для сушки в режиме второй ступени.

Сушке зерна в шахтных сушилках обязательно предшествует очистка зерновой массы от примесей. Должны быть удалены крупные соломистые примеси, которые могут нарушить процесс движения зерновой массы в шахте между отдельными коробами, вызвать перегрев зерна и даже его загорание.

Правильно проведённая сушка повышает энергию прорастания и всхожесть семенного зерна, улучшает мукомольные и хлебопекарные достоинства продовольственного зерна, повышает выход сортовых круп у крупяных культур. Однако на практике часто нарушаются установленные режимы сушки, что приводит к повреждениям зерна, ухудшению технологических показателей.

Качество просушенного зерна зависит от равномерности его нагрева в процессе сушки. Наибольшая неравномерность температуры высушиваемой массы наблюдается в шахтных сушилках. Установлено, что неравномерность нагрева зерна по горизонтальному сечению шахты достигает 20–25 °С, а по толщине зернового слоя – 15–20 °С.

Зерно, частично повреждённое сушкой, характеризуется изменением цвета оболочки и эндосперма – от кремового до светло-коричневого. Такое зерно имеет пониженное содержание клейковины, резко изменяются её свойства: она характеризуется меньшей влагоёмкостью, становится крошащейся и почти полностью утрачивает способность к растяжению. При повышении температуры выше критических значений (40–45 °С) ухудшаются мукомольные достоинства зерна, повышается зольность и снижается выход муки. Высокотемпературная сушка приводит к снижению содержания в зерне незаменимых аминокислот (лизина, триптофана).

При повышении температуры зерна до 85 °С изменяется цвет эндосперма от коричневого до чёрного; клейковина в результате полной денатурации белков вообще перестаёт отмываться. Такое зерно относят к сорной примеси, для производства муки и крупы оно непригодно. Хлеб, выпеченный из муки, полученной из пересушенного зерна, получается со значительно сниженным объёмом, мало развитой и толстостенной пористостью, с бледной коркой.

Если в образцах, взятых из сушилки, при соблюдении температурного режима обнаруживают поджаренные или подгорелые зерна, то это свидетельствует о неравномерности выхода зерна из сушилки в результате засорения отдельных участков шахты, неисправности коробов или выпускного механизма.

Наличие в высушенной массе запаренных, заметно увлажнённых зёрен показывает, что агент сушки имеет пониженную температуру, а количество его недостаточно. Такая ситуация возможна при сушке сырого и очень холодного зерна.

Порядок контроля за режимами сушки в шахтных сушилках приведен в прил. 7.

Многие пороки, возникающие при конвективной сушке зерна, удается устранить применением одного из более совершенных вариантов – *рециркуляционной* сушки. При изучении тепловлагообменных свойств зерновой массы было установлено, что если в качестве агента сушки использовать сухое рециркулирующее зерно, то в результате контактного тепловлагообмена между сырым предварительно нагретым и сухим рециркулирующим зерном процесс сушки протекает с большой скоростью.

Камера нагрева для сырого зерна находится над сушильной камерой и соединяется с ней впускным клапаном. Сырое зерно в объёме 1/8 производительности сушилки норией подаётся в камеру нагрева, где поддерживается температура 350–400 °С. Через несколько секунд зерновая масса переходит в сушильную камеру, где смешивается с 7 частями предварительно высушенного рециркулирующего зерна. За время прохождения через сушильную камеру в массе происходит перераспределение тепла и влаги, температура и влажность отдельных зёрен выравниваются. Для удаления испарившейся влаги в сушильную камеру подаётся атмосферный воздух. В нижней части сушильной камеры есть два выпускных устройства. Через одно из них семь частей сухой зерновой массы поднимаются вверх и поступают на рециркуляцию в сушильную камеру, через другое зерновая масса в объёме 1/8 направляется на склад.

Рециркуляционная сушка позволяет сушить неочищенное зерно любой начальной влажности, не требует предварительного формирования партий по влажности, при таком способе практически не утрачиваются мукомольные и технологические характеристики зерна и семян.

Учет работы зерносушилок. Сушка зерна и семян сопровождается уменьшением массы партии. При работе с зерновыми массами необходимо проводить учёт убыли массы при сушке, определять массу сырого или сухого зерна, а также массу зерна в плановом исчислении. Формулы для определения убыли массы, массы сырого или сухого зерна приведены ниже, для ускорения определения можно воспользоваться

таблицами, имеющимися в инструкциях к сушилкам. Массу зерна в плановом исчислении определяют исходя из понятия «плановая единица сушки (ПЕС)».

Плановая единица сушки соответствует сушке зерна при базовых условиях: пшеница продовольственного назначения, температура зерна 5 °С, снижение влажности с 20 до 14 %, сушилка прямоточная, режим сушки соответствует зерну с нормальной клейковиной.

Масса зерна в плановом исчислении – это условная масса зерна, на сушку которого при базовых условиях требуется такое же время, как на сушку конкретной физической массы в данных условиях. Масса высушенного зерна в плановом исчислении для сушилок всех типов зависит от культуры (её влагоотдающей способности), исходной и конечной влажности, назначения партии. Определяют её по формуле

$$M_{план} = M_{факт} \cdot K_{в} \cdot K_{к}, \qquad (6)$$

где $K_{в}$ и $K_{к}$ – коэффициенты пересчета количества просушенного зерна в плановые тонны по влажности (исходной и конечной) и культуре; $K_{к}$ и $K_{в}$ приведены в табл. 1 и 2 прил. 8.

При двух- и трехкратном пропуске учитывают каждый пропуск отдельно.

Производительность сушилки в плановых единицах определяют по формуле:

$$\text{Произв. план.} = \frac{\text{Произв. паспорт}}{K_{в} \cdot K_{к}}, \text{ т/ч.} \qquad (7)$$

Продолжительность сушки конкретной партии зерна или семян можно рассчитать по следующим формулам:

$$T = \frac{M_{план.}}{\text{Производ. паспорт.}}, \text{ ч} \qquad (8)$$

$$\text{или } T = \frac{M_{факт.}}{\text{Произв. план.}}, \text{ ч.} \qquad (9)$$

Себестоимость сушки 1 плановой единицы зерна зависит от типа, конструкции и производительности сушилки, а также от применяемых режимов сушки и организации работ. Снижение её достигается применением оптимальных режимов и правильной эксплуатацией сушилок, организацией круглосуточной работы, уменьшением расхода электрической энергии, совмещением профессий обслуживающего персонала.

Контрольные вопросы

1. Основные технологические операции послеуборочной обработки семян.
2. Перечислите технологические операции послеуборочной обработки семян при влажности зерновой массы: а) до 15 %; б) до 20 %; в) более 20 %.
3. Важнейшая операция при обработке свежеубранного вороха зерна.
4. На каком оборудовании выполняется первичная (предварительная) обработка зерна?
5. Сколько дней могут храниться семена на току с влажностью: а) 18–21 %; б) 22–25 %; в) больше 25 %?
6. Как сохранить от порчи влажные семена, не подлежащие сушке?
7. На чем основывается очистка семян от примесей?
8. Какие примеси удаляют на пневматическом сортировальном столе?
9. В чем заключается суть активного вентилирования?
10. На чем основана обработка семян воздухом?
11. До какого момента зерно поглощает воду из воздуха?
12. Что лежит в основе процесса сушки активным вентилированием?
13. Какой должна быть подача воздуха в насыпь греющегося зерна и при профилактическом охлаждении?
14. Какой должна быть высота насыпи при охлаждении зерна?
15. Предельная температура при охлаждении семян: а) при влажности 17 %; б) при влажности 18–20 %.

16. Какие параметры учитываются при охлаждении зерна вентилированием?

17. Где должна находиться зона сушки в зерне, чтобы оно не перегрелось и не пересушилось?

18. Как определить производительность сушилки?

19. От чего зависит термоустойчивость семян?

20. От чего зависит стойкость к температуре теплоносителя при сушке семян?

21. Разовый съем влаги в шахтных сушилках для: а) для продовольственного и кормового зерна; б) семян зерновых культур; в) для бобовых.

22. Предельно допустимая температура нагрева для семян зернобобовых: а) на семена; б) товарное зерно.

23. Предельно допустимая температура нагрева для семян зерновых: а) на семена; б) товарное зерно.

24. Как перегрев зерна влияет на его качества?

25. Как определить продолжительность сушки зерна?

26. От чего зависит интенсивность сушки?

27. Оптимальная норма подачи воздуха для: а) зернобобовых; б) семян других культур.

28. Нормы расхода воздуха при активном вентилировании с целью сушки.

11. ХРАНЕНИЕ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Хранение продукции растениеводства – комплекс мероприятий, направленных на борьбу с потерями массы и качества выращенного и переработанного урожая. Правильная организация хранения полностью сберегает качество и сопровождается минимальными, в пределах норм естественной убыли, потерями массы: 0,08–0,30 % – для зерновых культур и 0,40–6,90 – для плодоовощной продукции. Высокая сохранность продукции возможна только в хорошо оборудованных и подготовленных хранилищах.

Все хранилища различают по срокам эксплуатации, назначению, строительно-конструктивным особенностям, вместимости, планировке, системам регулирования условий хранения, способам размещения продукции, уровню механизации загрузки и выгрузки (прил. 9). К хранилищам предъявляются особые противопожарные и санитарно-эпидемиологические требования.

По срокам эксплуатации выделяют хранилища временные (полевые) и стационарные.

Полевое хранение предусматривает размещение продукции в буртах и траншеях. Бурты представляют собой наземные или слегка углублённые валообразные удлинённые штабеля продукции. Траншеи – удлинённые ямы, заполненные продукцией. В некоторых случаях обустраивают заглублённые бурты – буртотраншеи. Принципиальных различий между вариантами нет: после загрузки и охлаждения температуру в буртах и траншеях поддерживают на уровне 2–3 °С, применяя естественную или принудительную вентиляцию. Кроме того, возможно использование установок передвижной активной вентиляции.

Располагать бурты и траншеи следует вдоль основных подъездных дорог, ориентируя относительно сторон света так, чтобы уменьшить влияние солнечного света (оптимально с севера на юг), а также с учётом розы ветров в наиболее холодное время года.

Размеры буртов и траншей – важный показатель, определяющий их вместимость и тепловой режим. Многолетний производственный опыт позволил определить оптимальные размеры в зависимости от вида продукции и климатических условий зоны. Для условий Западной Сибири при хранении картофеля и корнеплодов рекомендованы следующие размеры:

• бурты: ширина – 2,5–3,0, глубина – 0,3–0,6, длина – 20–30 м;

• траншеи: ширина – 1,0–2,0, глубина – 1,0–1,5, длина – 10–20 м.

Особенно важно выдерживать поперечные размеры полевых хранилищ, так как они в первую очередь определяют количество продукции на единицу поверхности рассеивания тепла.

Укрытие буртов и траншей – очень ответственный процесс, так как он определяет уровень рассеивания тепла в период хранения. Техника нанесения укрытия учитывает необходимость быстрого охлаждения продукции осенью, защиты её от атмосферных осадков и предохранения от низких температур зимой. Принято дробное нанесение слоёв укрытия по мере снижения наружной температуры и температуры штабеля. Первый слой делают из ржаной или пшеничной соломы, собирая её так, чтобы стебли были параллельны друг другу. Укладку соломы начинают с основания штабеля, обходя весь штабель по периметру, второй и следующие ряды укладывают внахлёст на нижние, так чтобы каждый последующий ряд перекрывал предыдущий. На солому накладывают слой земли толщиной 10 см. Перед наступлением резкого похолодания следует укрыть бурты и траншеи полным слоем земли или вторым слоем соломы и земли. При сильных морозах продукцию дополнительно укрывают торфом, опилками, снегом. Своевременное нанесение укрытия на бурт или траншею – очень важное условие хранения: при раннем укрытии возможно развитие самосогревания, при позднем – подмораживание продукции.

От устройства системы вентиляции временных хранилищ в значительной степени зависят условия хранения. Основное назначение системы вентиляции – охлаждение хранящейся продукции в осенний период и поддержание требуемых усло-

вий зимой и ранней весной. В зависимости от вида вентиляции различают бурты и траншеи: «глухие», с приточным каналом; с приточным и вертикальными каналами; бурты с гребневым вытяжным каналом; бурты на настилах и траншеи с охлаждаемым дном; бурты с «воздушной рубашкой».

Снегование – один из вариантов полевого хранения. Обычно снегование проводят через 1–2 дня после начала оттепели, когда температура снега установится на уровне минус 1–3 °С. Календарный срок снегования в Западной Сибири приходится на март, но при теплых зимах начинать снегование можно и раньше.

Стационарные хранилища наиболее широко применяются в условиях Сибири. Это капитальные сооружения многолетнего использования различной вместимости – от 50 до 5000 т. В зависимости от того, какой вид продукции планируется размещать в хранилище, различают зерносклады, семенохранилища, картофелехранилища, лукохранилища и т. д. По отношению к поверхности почвы выделяют надземные, полузаглублённые и подземные – выбор варианта определяется видом продукции, природно-климатическими факторами и возможностями хозяйства.

В качестве строительного материала для хранилищ используют кирпич, железобетон, дерево, металл и некоторые другие материалы. Для хранения зерновых масс на элеваторах используют силосы из монолитного или сборного железобетона, высота которых 30–40 м и более. В фермерских хозяйствах и там, где не хватает капитальных складов, сооружают хранилища из металла, жёстких пластиков, синтетических пленочных материалов («надувные хранилища»). В США и некоторых странах Европы широко применяют в качестве зернохранилищ металлические бункера с активным вентилированием.

Современные типовые зернохранилища – это специализированные сооружения, где длительно и надёжно хранятся семена, продовольственное и фуражное зерно. Такие хранилища должны соответствовать агротехническим, технологическим и экономическим требованиям. В зернохранилищах и особен-

но в хранилищах для семенного материала должен устойчиво поддерживаться выбранный режим хранения при минимальных затратах труда и средств. Для хранения сухих партий зерна и семян чаще всего используют склады с горизонтальными полами, оборудованные стационарными средствами механизации загрузки и выгрузки или с частичной механизацией. В прил. 12 приведена характеристика некоторых типовых проектов хранилищ для зерна и семян.

Здание капитального хранилища с горизонтальными полами для плодоовощной продукции должно быть прочным и устойчивым: выдерживать давление хранящейся массы на стены и пол, давление ветра и крыши. В хранилище не должны поступать поверхностные или грунтовые воды, которые должны находиться ниже основания хранилища не менее чем на 2 м. Крышу и чердачные перекрытия картофеле- и овощехранилищ следует хорошо утеплять. При плохо утеплённой кровле возможны колебания температуры воздуха в хранилище и образование конденсата на внутренней стороне. В наземных хранилищах для защиты продукции от подмораживания между наружными стенами и стенками закромов оставляют расстояние 80 см, в углублённых хранилищах – 10–15 см.

По внутреннему обустройству различают пустотелые хранилища, закромные и камерные. *Пустотелые хранилища* не имеют перегородок в основном помещении. Возможны дополнительные помещения для переборки, упаковки или обработки продукции. В *закромных хранилищах* основное помещение разгорожено лёгкими разборными конструкциями, не доходящими до потолка, что позволяет поддерживать во всём хранилище единый воздушно-тепловой режим. *Камерные хранилища* разделены по всей площади капитальными перегородками с отдельными входами в каждую камеру. В центральный или боковой проход выведены пульты управления режимами хранения из каждой камеры. Такая конструкция позволяет поддерживать в каждой камере автономный воздушно-тепловой режим.

К хранилищам подводят удобные подъездные пути, в современных проектах капитальных хранилищ предусматрива-

ют сквозной автопроезд, что позволяет доставлять продукцию к месту складирования.

Ворота для въезда автотранспорта в картофеле- или овощехранилище устраивают в виде двухслойной плотной деревянной конструкции с прокладкой внутри теплоизоляционных материалов. Часто на входе в хранилище используют принцип шлюзования. Между двумя или даже тремя плотными перегородками заключён относительно неподвижный воздух, который служит температурным буфером, где гасятся резкие перепады между температурой внутри хранилища и наружной температурой. В хранилищах-холодильниках применяют изоляцию от внешней среды тёплой воздушной завесой. Полы делают с твёрдым бетонным или асфальтовым покрытием, по которому могут свободно передвигаться погрузчики и другая техника. Щели воздухораспределительных каналов в полу покрывают съёмными бетонными или металлическими плитами. Внутренние перегородки в хранилище, делящие его на секции, могут быть выполнены из различных легких материалов (при закромном хранении) или быть капитальными и выполняться из кирпича, железобетона и др. (при камерном хранении).

Система вентиляции – наиболее важный конструктивный элемент для поддержания режима хранения. В зернохранилищах, в хранилищах для картофеля и овощей – это обычная система вентиляции, в плодохранилищах – система вентиляции и охлаждения, в лукохранилищах – система вентиляции, охлаждения и отопления. Системы вентиляции хранилищ подразделяют на естественную и принудительную.

Напор воздуха и скорость его движения при *естественной вентиляции* определяются разностью температур в хранилище и снаружи. Когда разность температур невелика (осень, весна), применяют сквозное проветривание хранилищ в самое холодное время суток, открывая люки и ворота. Во время низких температур снаружи с помощью заслонок перекрывают вентиляционные трубы, предотвращая подмораживание продукции. Конструкция системы естественной вентиляции очень проста. У боковых стен с наружной стороны хранилища располага-

ют приточные трубы в виде деревянных коробов. Входные отверстия в трубы находятся на некоторой высоте (чтобы не засыпало снегом зимой), а внутренние отверстия приточных труб выводят у основания хранилища под решетчатым полом. Вытяжные трубы располагают в верхней зоне хранилища, по коньку перекрытия. Их делают уплотнёнными в виде двойных дощатых стенок с теплоизолирующей прокладкой между ними. Скорость движения воздуха возрастает, если устанавливать высокие вытяжные трубы. Число вытяжных труб в 2–3 раза меньше числа приточных, но сечение каждой значительно больше. Скорость движения воздуха в системе естественной вентиляции – несколько десятых долей метра в секунду, поэтому воздухообмен в хранилищах с такой вентиляцией незначителен, но его хватает для удовлетворительного хранения картофеля и овощей при небольших объёмах.

Принудительная вентиляция осуществляется подачей воздуха в хранилище при помощи вентилятора, что дает возможность регулировать количество подаваемого воздуха, т.е. управлять режимом хранения. Центробежные вентиляторы подают воздух в хранилище, а удаление его происходит через вытяжные трубы за счёт создающегося напора. Иногда в вытяжных трубах также устанавливают вентиляторы. Распространяется воздух в хранилище по сети подземных каналов со щелевыми выводными отверстиями.

При активном вентилировании воздух подаётся через массу продукции для равномерного обдувания каждого экземпляра, что позволяет значительно быстрее охладить, отеплить или осушить объект хранения, поддержать во всех точках хранилища равные условия температуры, влажности и состава газовой среды.

Автоматизация активного вентилирования осуществляется от датчиков температуры (термопары), термометров сопротивления, при изменении показаний которых происходит включение и выключение вентиляторов и регулировочных заслонок. В установках с полной автоматизацией активного вентилирования учитываются температуры наружного воздуха,

в штабеле продукции и в главном воздухораспределительном канале. Регулировочная заслонка автоматически устанавливается в положение, обеспечивающее подачу смеси нужной температуры. В практике широко применяются шкафы автоматического управления активным вентилированием, а также системы типа «Среда-2» и др.

Холодильники – изолированные от окружающей среды помещения с установками искусственного охлаждения. Как правило, это одноэтажные наземные здания, разделённые внутри на камеры вместимостью 100–500 т. Высота потолков – до 6 м, при большей высоте велик градиент температуры, что затрудняет поддержание оптимального режима хранения. Каждая камера должна иметь автономное сообщение с помещением для товарной обработки продукции. В холодильниках с большими камерами обычно предусматривают камеры предварительного охлаждения, особенно если планируется не единовременная загрузка малыми объёмами. В камере предварительного охлаждения температуру продукции быстро снижают, а затем продукцию переводят в камеру постоянного хранения. В больших складах-холодильниках организуют камеру дозревания плодов. В ней поддерживают повышенную температуру, предусмотрена и подача этилена для ускорения дозревания.

Камеры холодильников должны иметь очень хорошую тепло-, паро- и влагоизоляцию, иначе трудно выдерживать заданные параметры хранения. Особое внимание обращают на изоляцию стыков между стенами и потолком, где чаще всего наблюдается увлажнение теплоизоляционных материалов, а также стыков между стенами и полом, где образуются «мостики холода».

В современных проектах предусматривают монтаж отдельной холодильной установки на каждую камеру, что даёт возможность поддерживать в каждой камере автономный режим хранения. Поддержанию в камерах выравненных условий температуры, влажности и состава газовой среды способствуют системы распределения воздуха, его охлаждения и увлаж-

нения. В регионах с суровыми зимами систему воздухораспределения дополняют установками для подогрева воздуха. Охлаждается воздух при помощи испарителя, выведенного в закрытый контур, и затем вентилятором подаётся в нагнетающий канал. При хранении сочного растительного сырья с содержанием влаги 85–90 % и выше появляется опасность возрастания потерь на испарение. Чтобы избежать таких потерь, предусматривают увлажнение среды в холодильной камере, используя для этого специальные распылители воды, которые превращают воду в водяную пыль и подают её в камеру. Такой приём позволяет поддерживать оптимальную для хранения плодов и овощей влажность воздуха на уровне 95 %.

Техника охлаждения заключается в подборе такого темпа процесса, чтобы не вызвать резких перепадов температуры и влажности среды, при которых возможно отпотевание. Камеры большой вместимости загружают в течение 10–15 дней, ежедневно добавляя продукцию не более 10 % объёма максимальной загрузки. При несоблюдении этого требования, при загрузке большого объёма теплой продукции к уже охлаждённой может произойти отпотевание последней. При хранении продукции, неустойчивой к быстрому охлаждению, темп охлаждения подбирают по специальным справочникам, а продолжительность охлаждения может растянуться на несколько суток или даже на месяц.

При выгрузке продукции из камер холодильников также не допускают резкого изменения температуры. При нарушении этого правила происходит сдвиг в ритме физиологических процессов, отпотевание, появляются очаги загнивания и физиологические расстройства. Плоды и овощи, хранившиеся в холодильниках, предварительно отепляют в промежуточных камерах при температуре 5–10 °С.

Хранение в условиях изменённой газовой среды – способ, получивший широкое распространение сравнительно недавно, и так как он связан со значительными затратами, применяется чаще всего при хранении особо ценных видов плодов и овощей.

Нормальный состав газовой среды, при котором дыхание всех живых организмов протекает по аэробному типу, следующий: азот – около 79 %, кислород – около 21, диоксид углерода – около 0,03 %, инертные газы – следы. Снижение содержания кислорода и увеличение количества CO_2 подавляет аэробное дыхание в клетках хранящихся растительных объектов, замедляет процесс старения и увеличивает срок хранения. В отсутствие кислорода воздуха невозможно аэробное дыхание, затухают связанные с ним метаболические процессы, не поддерживается целостность мембран клеток. Избыток кислорода приводит к кислородному отравлению, которое выражается в гибели клеток на отдельных участках хранящихся объектов или полной их гибели.

Полное удаление диоксида углерода из атмосферы не оказывает отрицательного влияния на хранящиеся объекты. Увеличение его количества смещает метаболическое равновесие, тормозит процессы старения, замедляет распад сахаров, крахмала, пектиновых веществ, хлорофилла и предотвращает размягчение плодов. При 2–4 %-м содержании CO_2 наблюдается стимуляция роста проростков, но при 7–10 %-м это влияние снижается. При 15–20 %-й концентрации диоксида углерода клубни, плоды и овощи загнивают и погибают. Отрицательное действие высоких концентраций CO_2 проявляется в повышенной чувствительности объектов хранения к низкотемпературным повреждениям, усилении побурения мякоти, особенно в зоне семенной камеры у яблок, появлении загара и образовании пустот в плодах, ухудшении вкуса, ослаблении устойчивости к микроорганизмам и др.

Методы создания изменённой газовой среды многообразны и их разделяют на две группы:

– пассивные, при которых изменение состава газовой среды происходит за счёт дыхания объектов хранения в закрытых ёмкостях или камерах (модифицированная газовая среда – МГС). Желаемый газовый состав создаётся приблизительно через 0,5–1 месяц после начала хранения;

– активные, при которых изменение среды хранения осуществляется искусственно с помощью специальных агрегатов

и установок, подающих в камеру или закрытые ёмкости газовую смесь определённого состава (регулируемая газовая среда – РГС). Желаемый газовый состав создаётся практически сразу и это способствует лучшей сохранности продукции.

В сельском хозяйстве используется МГС для хранения кормового зерна в грунте. Техника такого хранения разработана во ВНИИ кормов и Кубанском НИИ испытания сельскохозяйственных машин. Зерновую массу, независимо от уборочной влажности, закладывают в специальные траншеи или силосные ямы, тщательно утрамбовывают, укрывают плёночными или другими материалами, а затем землёй или глиной. В каждом хозяйстве применяют укрывные материалы, имеющиеся в наличии.

Объём такого хранилища рассчитывают на 1–2-суточную загрузку. При больших объёмах поступающего зерна хранилище делят на изолированные секции. Для лучшей гидроизоляции и большей герметизации траншеи можно выложить кирпичом, зацементировать, залить битумом или выстелить плёнками. Глубина траншеи 3,5 м, ширина 3,0 м, длина произвольная.

Наиболее просто создать МГС можно с помощью полимерных материалов, в основном используя полиэтиленовую плёнку. Из неё изготавливают различные виды упаковки, вкладыши в ящики и контейнеры. Полиэтиленовая плёнка практически не пропускает влагу и газы, служит хорошей защитой для продукции от механических повреждений и ограничивает перенос фитопатогенной микрофлоры из одной упаковки в другую. Если продукцию охладить до температуры, при которой будет проходить хранение, и в хранилище поддерживать постоянную температуру, то в упаковке не наблюдается выпадения конденсата и развития болезней. Убыль массы и количество отходов при этом минимальны (табл. 24).

Проницаемость плёночных материалов зависит от их толщины. Установлено, что для большинства видов сочной продукции оптимальная толщина упаковочного полиэтилена от 30 до 60 мкм. При малообъёмном хранении (от 3 до 10 шт.) применяют упаковку в тонкую (20–30 мкм) полиэтиленовую

плёнку, которая обтягивает отдельные экземпляры, как только поглощение кислорода превысит выделение углекислого газа.

Таблица 24

Сохраняемость кочанного салата и зеленого лука в полиэтиленовых упаковках, заполненных азотом или воздухом (по Е. П. Широкову), %

Вариант	Срок хранения, сут	2–4 °С		8–10 °С	
		убыль массы	отход	убыль массы	отход
Кочанный салат					
Полиэтиленовая пленка (азот)	10	0	0	0	0
	20	0	0	0	4,9
Полиэтиленовая пленка (воздух)	10	0	0	0	0,9
	20	0,1	2,2	3,4	14,2
Зеленый лук					
Полиэтиленовая пленка (азот)	14	0	0	0,4	1,9
	42	1,2	5,7	4,6	12,1
Полиэтиленовая пленка (воздух)	14	0	0	1,1	4,3
	42	1,4	7,1	4,9	14,1

Существенным недостатком хранения в герметичных плёночных упаковках является опасность накопления CO_2 в повышенных концентрациях, которые могут вызвать расстройство дыхания и, как следствие, различного рода потемнения и некрозы у объектов хранения. Избежать этих неприятностей удаётся частичной перфорацией – созданием небольшого количества отверстий по всей поверхности упаковки или использованием комбинированных контейнеров с вмонтированным теплогазообменником.

При хранении с использованием полимерных плёнок необходимо соблюдать следующие условия:

– учитывать сортовые особенности объектов хранения;

– подбирать толщину плёнки с учётом особенностей продукции;

– определять степень герметизации;

– предотвращать образование конденсата внутри упаковки.

Для создания регулируемых газовых сред используют специальные генераторы газовых смесей различных конструк-

ций. В некоторых установках методом каталитического сжигания природного газа или пропана получают смесь, обеднённую кислородом. Избыток CO_2 удаляется с помощью специальных поглотителей – скрубберов. Для поглощения выделяющегося этилена и других летучих веществ в скрубберах предусмотрены специальные приспособления.

Газовые среды подразделяют на три типа: нормальные, когда количество диоксида углерода и кислорода в сумме составляет 21 %, но соотношение их может быть различным; субнормальные, когда содержание кислорода резко понижено – до 3–5 %, а количество диоксида углерода поддерживается на высоком уровне – 2–5 %; среды без диоксида углерода и пониженным содержанием кислорода (около 3 %). Выбор состава газовой среды зависит от вида хранимых продуктов, их назначения и технических возможностей предприятия.

При хранении и транспортировке плодов и овощей можно применять жидкий и газообразный азот, который подают в камеру в сжатом виде. В камерах стационарных хранилищ жидкий азот можно использовать одновременно для охлаждения и создания газовой среды.

Камеры с контролируемой атмосферой, как правило, оборудуют приборами автоматического контроля состава газовой среды, а также её температуры и влажности.

В последнее время очень широко применяется индивидуальное покрытие плодов и овощей влаго- и газозащитными составами. Такие составы чаще всего изготавливают на основе воска или парафина с добавлением физиологически активных и фунгитоксических веществ. Препараты в специальных ваннах разогревают до жидкого состояния, погружают в смесь на несколько секунд подготовленную продукцию. После выемки каждый экземпляр оказывается покрытым высыхающей плёнкой, которая способствует снижению интенсивности дыхания, препятствует испарению влаги и проникновению микроорганизмов к оболочкам плода, что увеличивает сроки хранения.

Подготовка хранилища к приёму нового урожая начинается сразу после его разгрузки. Разобранные перегородки,

стеллажи, инвентарь и машины выносят из хранилища для просушки и дезинфекции. Пол, потолок и стены помещения тщательно очищают от остатков хранившейся продукции, которые удаляют на большое расстояние или сжигают. Осматривают и обрабатывают прилегающую к хранилищу территорию на расстояние не менее 1 м. При необходимости в хранилище проводят ремонтные работы, тщательно заделывают щели и норы грызунов, предварительно засыпав в них битое стекло или кирпич. Вентиляционные каналы заделывают металлической сеткой. Если возможно, внутренние поверхности хранилища моют, белят, обрабатывают жидкими или газообразными дезинфицирующими средствами. По окончании срока дезинфекции хранилище проветривают и просушивают. За две недели до загрузки проводят контрольный осмотр хранилища, заносят приборы и оборудование. За 2–3 суток до загрузки камер начинают их охлаждение в соответствии с требованиями выбранного режима хранения и поддерживают пониженную температуру до окончания загрузки.

Размещение продукции в хранилищах, наблюдение и учёт. Продукцию в хранилище размещают с учётом ботанического вида, целевого назначения, состояния по влажности и засорённости, зараженности вредителями, наличия признаков заболеваний и некоторых других показателей. В одно хранилище закладывают культуры, предъявляющие похожие требования к условиям размещения и хранения. Особое внимание уделяют семенным партиям: их размещают не только по сортам, но и по репродукциям, категориям сортовой чистоты, классам семенного стандарта. Для предупреждения смешивания и засорения не разрешается складировать в смежные закрома или укладывать рядом в штабеля семена двух сортов одной культуры, а также трудноотделимые. С этой целью рядом расположенные закрома с различными семенами недогружают доверху на 15–20 см. Нельзя складировать в одном хранилище партии здорового зерна и заражённые вредителями, а также не заражённые болезнями и поражённые пыльной головнёй. Не складируют рядом семена урожая прошлых лет и нового урожая.

Перед началом уборки необходимо составить план размещения продукции в хранилищах, принимая во внимание время и продолжительность поступления каждой культуры, производительность поточных линий по подработке сырья, возможности определения показателей качества во время хранения. При составлении плана размещения партий зерна в зернохранилищах учитывают: валовое производство, потребность в семенном материале по каждой культуре, объёмы страховых и переходящих фондов, способы хранения, высоту насыпи или штабеля, наличие складских помещений.

Зерно товарного и фуражного назначения чаще хранят насыпью (в закромах, секциях, бункерах, силосах, на полу склада), семена суперэлиты, элиты и первой репродукции, а также семена овощных, технических культур и многолетних трав – в мешках.

При хранении зерна и семян насыпью полнее используется площадь и объём хранилища, легче механизировать работы по загрузке и выгрузке, облегчается уход за зерновой массой и борьба с вредителями. Примерная высота насыпи семенного зерна с учётом влажности для разных культур приведена в табл. 25. Высота насыпи зерна, имеющего влажность ниже критической, может быть значительно больше (до 30 м и более).

Таблица 25

Рекомендуемая высота насыпи сухих семян при хранении (не более), м

Культуры	Время года	
	холодное	теплое
Пшеница, ячмень, овес, рожь, гречиха, тритикале	3,0	2,5
Горох, кормовые бобы, люпин, вика, фасоль	2,5	2,0
Просо, лен-долгунец, сераделла, суданская трава	2,0	1,5
Конопля, рапс, подсолнечник	1,0	1,0

При тарном хранении мешки укладывают в штабеля на поддоны или настилы, приподнятые над полом на 15–20 см. Между штабелями оставляют проходы (1–1,5 м) для беспрепятственного доступа к любому мешку при обследовании, а при необходимости – для обработки или переме-

щения. Высота укладки мешков и ширина штабеля зависят от культуры, длительности хранения и температуры семян (табл. 26). Длину штабеля выбирают произвольно, исходя из размеров склада и объёма партии. Между стенами хранилищ и штабелями оставляют расстояние не менее 0,75 м. Мешки с семенами зерновых и бобовых культур перекладывают не менее одного раза в 6 месяцев, мелкосемянных культур – один раз в 4 месяца. При перемещении мешки нижнего ряда поднимают наверх, мешки верхнего ряда опускают вниз.

Таблица 26

Высота (число рядов мешков) штабеля при хранении сухих семян

Культуры	Температура семян, °С	
	менее 10	выше 10
Пшеница, рожь, ячмень, овес, гречиха, тритикале	8	8
Горох, фасоль, вика, люпин, бобы, кукуруза	8	6
Просо, горчица, рыжик, рапс	6	4
Многолетние злаковые и бобовые травы (клевер, люцерна, тимофеевка и др.)	5	4

За хранящимся зерном систематически наблюдают: определяют температуру и влажность зерновой массы, заражённость, цвет и запах; у семенных партий дополнительно определяют энергию прорастания, всхожесть и жизнеспособность. Температура насыпи около 8–10 °С говорит о благополучном хранении, повышение температуры зерновой массы, не соответствующее изменению температуры воздуха, свидетельствует о начале самосогревания. Определение температуры и влажности хранящейся массы проводят в верхнем, среднем и нижнем слоях насыпи. Периодичность наблюдений зависит от состояния зерновой массы: в свежеубранных партиях семян – ежедневно, в сухих массах – раз в декаду или раз в 15 дней. Периодичность проверки на заражённость определяется температурой хранящейся массы. При темпе-

ратуре ниже 0 °С достаточно одного наблюдения в месяц, при температуре выше 10 °С определение проводят один раз в 10 дней. Всхожесть семян определяют один раз в 4 месяца и за 15–20 дней до посева.

Картофель, овощи и плоды размещают на хранение массами определённого объёма (штабелями). Внутри штабеля, в связи с активной жизнедеятельностью объектов хранения и теплофизическими свойствами штабеля, складываются особые условия, которые могут значительно отличаться от условий окружающей среды. Различные тепловыделение и влаговыделение, теплоёмкость и теплопроводность продукции, условия рассеивания тепла и влаги из штабеля, которые обусловлены физическими особенностями объекта хранения, а также системой вентилирования в хранилище, определяют необходимость постоянного наблюдения за условиями хранения и быстрого реагирования на малейшие отклонения от заданных параметров.

Интенсивность тепло- и влаговыделения плодоовощной продукции и картофеля довольно высока (табл. 27), что объясняется большим содержанием воды в них и, соответственно, высокой интенсивностью дыхания и обмена веществ. Выделение тепла картофелем во время уборки и закладки на хранение при обычных условиях вызывает нагревание штабеля на 0,50–0,75 °С в сутки, у капусты – на 1,0 °С, у зеленных овощей – на 1,5–2,0 °С в сутки. При повышении температуры окружающей среды эти показатели становятся ещё больше, и если рассеивание выделяемого тепла затруднено, то наблюдается значительное повышение температуры внутри штабеля.

Таблица 27

Тепловыделение овощей и картофеля (по данным В. З. Жадана), °С за сутки

Продукция	Температура, °С					
	0	5	10	15	20	25
Картофель	0,25	0,34	0,46	0,63	0,85	1,17
Лук репчатый	0,27	0,37	0,53	0,73	1,02	1,43
Свекла столовая	0,46	0,65	0,94	1,34	1,91	2,73

Испарение влаги у хранящейся плодоовощной продукции составляет около 75–85 % общей убыли массы. Такого количества влаги, если её не удалять, бывает достаточно, чтобы вызвать конденсацию паров в наиболее охлаждённых зонах штабеля. Повышение температуры хранения ещё больше усиливает процесс испарения и отпотевания и в сочетании с самосогреванием может стать причиной высоких потерь и снижения качества картофеля, плодов и овощей.

Теплоёмкость и теплопроводность воздуха намного ниже в сравнении с этими же показателями хранящейся продукции, поэтому он плохо рассеивает тепло. При большой высоте штабеля возникают значительные градиенты температуры, и повысить эффективность выделения тепла и влаги из больших масс продукции можно только увеличив в них воздухообмен. Величина воздухообмена зависит от скважистости штабеля, величины пор и скорости движения воздуха в них, а также производительности системы вентиляции.

Соблюдение некоторых правил при размещении и хранении плодоовощной продукции позволяет избежать нежелательных явлений, возникающих в хранящихся массах:

– размещение продукции в штабелях малого размера или в таре, что препятствует накоплению тепла и влаги;

– использование при хранении активного вентилирования, которое ликвидирует градиенты температуры и влажности воздуха в штабеле;

– охлаждение продукции перед или во время закладки на хранение, что устраняет причины отпотевания и самосогревания во время хранения. Предварительное охлаждение способствует сохранению энергетических запасов растительных тканей, которые обеспечивают прохождение биологических процессов, повышают защитные способности организма против возбудителей болезней.

Хранение картофеля и плодоовощной продукции осуществляется навалом и в таре, главным образом в контейнерах, деревянных и пластмассовых ящиках, лотках, картонных коробках, сетчатых пакетах и мешках. Размеры штабеля опре-

деляются видом продукции и предполагаемым сроком хранения. В некоторых случаях продукцию пересыпают песком или сухим торфом. При хранении в таре отдельные экземпляры перекладывают древесной стружкой, выстилочной или обёрточной бумагой, гофрированным картоном или полиэтиленовой пленкой.

При хранении плодовых в таре используют специальные приёмы укладки, которые уменьшают давление плодов друг на друга, а также особые способы размещения заполненной тары в хранилище. Как пакеты, так и контейнеры устанавливают друг на друга в 4–6 ярусов, образуя штабеля. При формировании общего штабеля в холодильной камере также следят за правильностью размещения отдельных экземпляров тары, обеспечивая контрольные проходы для осмотра хранящейся продукции. В типовом (решетчатом) контейнере потери продукции довольно высокие. Дело в том, что мощные системы вентиляции, которыми оснащены современные крупные хранилища для охлаждения продукции и создания выравненных условий среды, способствуют увеличению потерь массы за счет испарения влаги.

При хранении в контейнерах с использованием вкладышей создаются более комфортные условия для хранения некоторых видов плодов и овощей. В табл. 28 приведены данные одного из опытов, проведенного в производственных условиях.

Таблица 28

Убыль массы и изменение качества картофеля при хранении в контейнерах с полиэтиленовым вкладышем и типовом, % за 220 сут хранения

Показатели качества продукции	Контейнер	
	с полиэтиленовым вкладышем	типовой
Стандартная	91,0	85,0
Нестандартная	2,5	2,6
Отход	6,5	12,4
Убыль массы	2,8	6,3

В государственных стандартах на заготовляемые картофель, овощи и плоды установлены оптимальные режимы и сроки их хранения. В международных стандартах ИСО регламентированы режимы хранения овощей и плодов в холодильных камерах с учётом сортовой специфики.

В табл. 1 и 2 прил. 10 приведены оптимальные условия хранения картофеля, плодов и овощей в нормальной и контролируемой атмосфере.

Для поддержания заданных параметров в хранилище ведут наблюдения за фактическим состоянием продукции и окружающей среды. Температуру воздуха и хранящейся продукции измеряют по ярусам: внизу, на высоте 0,2 м от пола вблизи дверей или ворот хранилища, в среднем ярусе на высоте 1,6–1,7 м от пола в середине прохода, а иногда на расстоянии 0,4–0,6 м от потолка. Относительную влажность воздуха отмечают в среднем ярусе с помощью психрометров или гигрографов.

Учёт хранящейся продукции способствует сокращению потерь во время хранения. Причины потерь массы и качества зерна, картофеля, плодов и овощей при хранении различны: в результате затрат сухих веществ на дыхание, частичного испарения влаги, прорастания или израстания весной, физиологических расстройств, повреждения микроорганизмами, нематодами, клещами и насекомыми, травмирования, подмерзания, самосогревания. При соблюдении всех требуемых условий и режима хранения потери, происходящие за счёт дыхания хранящегося объекта, а также за счёт распыла у зерна и семян и частичного испарения – у сочной продукции, называют естественной убылью и их величина нормируется стандартами. Все остальные виды потерь продукции при хранении считаются недопустимыми и должны быть предупреждены.

Нормы естественной убыли дифференцируют с учётом вида продукции, типа склада, сезонности и срока хранения (см. табл. 1–4 прил. 1). Естественную убыль выражают в процентах к первоначальной массе партии продукции. Естественная убыль подлежит списанию с материально-ответственных

лиц по фактическим размерам, но не более установленных норм. Размер фактической естественной убыли определяют по каждой партии отдельно, сопоставляя данные о количестве израсходованной или фактически оставшейся на складе продукции с остатками по данным бухгалтерского учёта.

Во время ревизии хранящейся продукции или по окончании хранения регистрируют потери, не являющиеся естественной убылью – абсолютный отход, технический брак и общие отходы:

– *в абсолютный отход* включают отдельные экземпляры, полностью поражённые болезнями, или с физиологическими расстройствами (ткани, ростки клубней, корнеплодов, луковиц, отходы при зачистке кочанов), т.е. непригодные для использования части продукции, абсолютный отход устанавливают в процентах к конечной массе;

– *к техническому браку* относят продукцию, частично повреждённую при хранении фитопатогенными заболеваниями, вредителями, подмороженную, сильно увядшую и т.д. После некоторой подработки такая продукция может быть использована на корм животным или переработку. Величину технического брака выражают в процентах к конечной массе хранящейся продукции;

– *общие отходы* появляются при сортировании и переработке продукции. К ним относят комочки земли, примеси, испорченную часть основного сырья.

Особенности хранения некоторых культур.

Картофель обладает свойством находиться в состоянии глубокого физиологического покоя в течение 1–3 месяцев, что и используется при организации длительного хранения. Механизм состояния покоя связан со специфическими изменениями структуры клеток, а также всего обмена веществ. Поверхностные слои клеток насыщаются гидрофобными веществами, поэтому испарение воды из них и дыхание затруднены, но процессы, связанные с дифференциацией и развитием конусов нарастания в почках, продолжаются. Окончание этих процессов свидетельствует о завершении периода покоя.

Важной биологической особенностью клубней является способность восстанавливать покровную ткань в местах механических повреждений и образовывать суберин – вещество, подавляющее развитие грибов и бактерий. Лучше всего рубцевание повреждений происходит у растущих и свежеубранных клубней, эта способность сохраняется и первые 2–3 недели после уборки, но с началом образования ростков она теряется. Биосинтез суберина и образование раневой перидермы (несколько слоёв уплощённых клеток под слоем, пропитанным суберином) происходят в результате интенсификации обмена веществ у клубня, повышения активности окислительно-восстановительных ферментов. Для формирования раневой перидермы необходимы высокая температура (10–18 °С), хороший доступ кислорода и высокая относительная влажность воздуха (90–95 %).

При организации хранения картофеля необходимо учитывать процессы взаимопревращений «крахмал – сахар». В вызревших клубнях содержится в среднем 15–18 % крахмала и 0,5–1,5 % сахаров. При понижении температуры окружающей среды ниже 3 °С молекулы крахмала расщепляются до молекул простых сахаров. Небольшая часть их расходуется на дыхание, но остальная часть участвует в идущем одновременно процессе преобразования сахаров в крахмал. Однако при дальнейшем понижении температуры процесс расщепления начинает преобладать, что и является причиной накопления сахаров. Когда количество сахара достигает 7–8 %, клубни становятся сладкими. При недлительном воздействии пониженных температур этот процесс обратим, и при последующем отеплении клубней сахар вновь преобразуется в крахмал.

Накопление сахаров – защитная реакция клубней на охлаждение, так как при этом увеличивается концентрация клеточного сока, повышается устойчивость ферментных систем клеток. Однако слишком интенсивное развитие этого процесса нарушает работу ферментных систем и приводит к физиологическим расстройствам, которые проявляются в потемнении мякоти клубней и подавлении образования ростков. В первом

случае снижаются пищевые и технологические качества, во втором – семенные: всходы будут запоздалые и изреженные, урожайность при этом снижается. Посадочные клубни, хранящиеся при пониженной температуре, весной необходимо длительно обогревать.

При хранении картофеля продовольственного назначения выделяют четыре периода:

1) послеуборочный – время дозревания, «лечебный»;

2) охлаждения – подготовка продукции к состоянию покоя;

3) основной – глубокий вынужденный покой;

4) весенний – после начала прорастания.

Лечебный период в зависимости от сорта и степени вызревания может длиться от нескольких дней до 2–3 недель: для вызревших, здоровых клубней он минимален, для недозрелых клубней с большим количеством механических повреждений – наибольший. В начале лечебного периода температуру поддерживают на уровне 12–20 °С, относительную влажность воздуха – около 90–95 %. Картофель вентилируют 5–6 раз в сутки по 30 мин с интервалами 3–4 ч.

К концу лечебного периода температуру понижают до 10 °С, а затем приступают к *охлаждению*, которое следует провести как можно быстрее, снижая температуру на 0,5–1,0 °С в сутки. Такая скорость охлаждения способствует продлению сроков хранения без прорастания и препятствует развитию микроорганизмов. При охлаждении вентилируют ночью наружным воздухом или его смесью с воздухом хранилища. Удельная подача воздуха в массу картофеля 70–100 м^3/ т·ч.

В основной период хранения поддерживают относительную влажность воздуха на уровне 90–95 % и определённую для каждого сорта картофеля температуру – от 2,0 до 6,0 °С.

В этот период эффективно проводить 2–3 раза в неделю активное вентилирование в течение 30 мин при температуре вентиляционного воздуха не ниже 1,0 °С или еженедельно по 3–4 ч. Удельная подача воздуха в насыпь 30–60 м^3/ т·ч.

В некоторых случаях, в первую очередь при значительном поражении картофеля фитофторой, прибегают к понижению

температуры в лечебный, охлаждения и основной периоды хранения до 1 °С.

Условия хранения картофеля зависят от назначения партии продукции. Исследования, проведённые на кафедре технологии хранения и переработки плодов и овощей ТСХА, показали, что температура хранения семенного материала оказывает влияние на развитие растений в следующем сезоне, величину и качество урожая, сроки его поступления. При температуре хранения около 2 °С весной пробуждается небольшое количество почек, в основном на вершинной части клубня, развитие остальных почек подавлено. Из таких клубней формируются растения с небольшим количеством стеблей, которые дают более ранний урожай крупных клубней, но общая урожайность не бывает максимальной. Хранение посадочного материала при температуре около 5 °С обеспечивает пробуждение большого количества почек, формирующиеся растения более мощные, урожай – максимальный. Однако созревание урожая наблюдалось в более поздние сроки и крупных клубней в убранной массе было меньше.

При хранении картофеля, предназначенного для переработки на чипсы, хлопья, соломку и др., температуру основного периода выдерживают 7–8 °С. При такой температуре в клубнях не накапливаются сахара, но при этом требуется использование РГС.

Весенний период начинается в конце февраля – начале марта. На отдельных клубнях появляются ростки, свидетельствующие о начале прорастания почек. Чтобы продлить состояние вынужденного покоя, температуру в хранилище снижают на 1–3 °С по сравнению с основным периодом. Большая теплоёмкость клубней позволяет создать запас холода, не допустить повышения температуры внутри штабеля картофеля и предотвратить образование ростков до конца апреля – начала мая, что особенно важно при хранении продовольственного и технического картофеля. Перед реализацией продовольственный картофель 3–4 суток обрабатывают теплым атмосферным воздухом (10–12 °С) для снижения травмирования клубней при

выгрузке и сортировании. После сортирования, при задержке с отгрузкой, клубни снова охлаждают.

Для партий семенного картофеля в весенний период необходимо стимулировать появление ростков ко времени посадки. Для этой цели клубни желательно выдерживать на свету при температуре 15–18 °С в течение 2–3 недель. Образовавшиеся плотные короткие ростки не обламываются при посадке, всходы появляются раньше, урожай повышается.

Технология хранения картофеля. Недопустимо закладывать на хранение партии картофеля с большим количеством примесей, подмороженных и повреждённых при уборке клубней, а также с признаками фитофтороза. При крупных комплексах хранилищ предусмотрены специальные площадки под навесом, оснащённые системой вентиляции для обсушивания партий мокрой продукции, проведения лечебного периода, сортирования, затаривания.

В хранилищах с естественной вентиляцией картофель размещают в закромах слоем 1,6–1,8 м – семенной и до 2,0–2,2 м – продовольственный. Для предупреждения отпотевания при небольшой высоте насыпи устраивают гребневую поверхность. Чередующиеся гребни высотой примерно 0,5 м способствуют рассеиванию тепла из штабеля. В некоторых случаях для снижения вероятности отпотевания поверхность насыпи укрывают рыхлым теплоизолирующим материалом (рогожа, соломенные маты и др.).

В хранилищах для семенного картофеля с активным вентилированием его размещают в закромах с глухими стенами высотой 3,5–5,0 м, используя специальные погрузчики. Такое размещение используется также при необходимости периодической отгрузки продовольственного картофеля небольшими партиями. Выравнивание температуры и влажности по слоям картофеля достигается периодическим вентилированием.

Массовое хранение продовольственного картофеля выгоднее организовывать в хранилищах с активным вентилированием, загружаемых сплошным высоким слоем. Ёмкость хранилища при этом используется полностью, так как отсут-

ствуют проезды и проходы. Чтобы клубни не соприкасались со стенами и не подморозились в случае их промерзания, между штабелем картофеля и боковыми стенами хранилища устанавливают деревянные щиты, укладывают теплоизолирующие материалы или оставляют свободное пространство около 1 м. Для проверки состояния продукции, измерения температуры, отбора проб поверх насыпи укладывают трапы, по которым перемещаются рабочие.

В крупных картофелехранилищах применяют хранение картофеля в ящиках и контейнерах, устанавливая их рядами в несколько ярусов. В южных регионах страны для длительного хранения картофеля используют и холодильники.

В стационарных картофелехранилищах ведут повседневный контроль температуры и относительной влажности воздуха. Условия в проездах и проходах хранилища отличаются от условий в массе картофеля (температура в проезде на 2,0–2,5 °С ниже, чем в штабеле), поэтому определяют температуру по ярусам штабеля, на определённой для каждого способа размещения глубине. Относительную влажность воздуха фиксируют в среднем ярусе.

Крупные хранилища с активным вентилированием, как правило, оборудованы автоматическими системами контроля и управления работой вентиляционных установок. Эти установки после получения информации от датчиков, расположенных в хранящейся массе, включают и выключают вентиляторы, обогрев или охлаждение воздуха, устанавливают в нужное положение воздухораспределительные клапаны.

Состояние картофеля в процессе хранения определяют по результатам клубневого анализа в соответствии с требованиями ГОСТа. Отбор проб проводят в зависимости от состояния хранящейся партии один раз в 20–30 дней.

Товарная обработка картофеля перед реализацией осуществляется на механизированных линиях, включающих сортировку, мойку, обсушивание и мелкую фасовку клубней.

Капуста белокочанная обладает хорошей лёжкостью и многие сорта можно сохранять в течение всей зимы. Кочан

капусты – сложное образование, состоящее из видоизменённого стебля (кочерыги), большого количества почек на нём и кроющих листьев. Ко времени уборки верхушечная почка растения капусты, расположенная на кочерыге, находится в состоянии дифференциации, и для завершения этого процесса требуется пониженная температура. До тех пор, пока дифференциация не завершится, кочаны можно сохранять при определённых условиях довольно продолжительное время. Во время хранения различные вещества передвигаются из листовой части кочана через кочерыгу к развивающимся почкам, кроме того, наблюдается ряд сложных превращений веществ с образованием новых, т.е. активно идет биосинтез. По окончании дифференциации верхушечная почка готова к репродуктивному развитию, и хранение кочанов становится затруднительным.

В зависимости от сортовых особенностей процесс дифференциации верхушечной почки протекает разными темпами – у менее лёжких сортов он заканчивается значительно быстрее, чем у более лёжких. Процесс развития верхушечной почки сопровождается ростом кочерыги, чем и объясняется растрескивание кочанов при отклонении от заданного режима хранения или ко времени окончания хранения. Кроме того, с началом роста верхушечной почки листья, слагающие продуктивную часть кочана, очень сильно обедняются и теряют устойчивость к фитопатогенным микроорганизмам. Чем дальше находится лист от верхушечной почки, тем сильнее он поражается болезнями, в первую очередь серой плесенью. Темноокрашенные листья капусты меньше поражаются плесенями хранения. Более плотные кочаны – у лёжких сортов.

Кочан капусты, как листовое образование, отличается повышенной интенсивностью обмена веществ и повышенным выделением тепла и влаги, что обусловливает особенности размещения капусты при хранении и выбор параметров хранения. Интенсивности тепловыделения в период уборки капусты достаточно, чтобы её температура повышалась на 1^0C в сутки; поэтому капусту укладывают штабелями небольшого размера.

Для длительного хранения отбирают выровненные кочаны среднего размера, на которых оставляют лишь 4–6 плотно прилегающих зелёных листьев.

В хранилищах, не оборудованных активным вентилированием, рекомендуется высота штабеля капусты 1,0–1,5 м. При закладке капусты в сухую прохладную погоду в хранилище с активным вентилированием высоту штабеля доводят до 2,5–3,0 м. Вдоль стен хранилища оставляют проходы около 0,5 м для рабочих, наблюдающих за состоянием продукции. При уборке капусты в дождливую погоду в хранилище устраивают центральный проход, располагая по обе стороны от него высокие штабеля. По возможности боковые штабеля также разделяют на секции длиной 4–8 м. Во время хранения капусты необходимо регулярно контролировать температуру как в хранилище, так и в штабеле продукции.

Хранить капусту белокочанную можно и в таре – ящиках-клетках и контейнерах, что позволяет полностью механизировать погрузку-разгрузку продукции, кочаны в таре меньше травмируются и меньше подвержены гниению во время хранения. Хранение в таре чаще используется на крупных овощных базах и при хранении в холодильных камерах.

Режим хранения капусты белокочанной и краснокочанной продовольственного назначения делят на два периода: охлаждения и основной. Скорость охлаждения 0,5–1,0 °С в сутки, удельная подача воздуха 100–150 м^3/ т·ч. В основной период оптимальная температура минус 1–0 °С, относительная влажность воздуха 90–98 %.

До реализации капусту не зачищают, чтобы предупредить распространение болезней.

Корнеплоды имеет большая группа овощных растений. Все корнеплоды, за исключением редиса, – двулетние растения, у них общая биологическая особенность: при пониженной температуре они могут находиться в состоянии неглубокого покоя, которое необходимо растениям для завершения процессов развития – дифференциации конуса нарастания. Период, в течение которого почки завершают дифференциацию конуса

нарастания, определяет продолжительность покоя и, соответственно, лёжкость продукции. По сохраняемости корнеплоды условно можно разделить на две группы: механически прочные с плотными покровными тканями и хорошо сохраняющиеся (свёкла, редька, брюква, турнепс, пастернак); с нежными покровными тканями и сохраняющиеся хуже (морковь, репа, корневые петрушка и сельдерей). Лучше сохраняются хорошо вызревшие, но не перезревшие корнеплоды.

У большинства корнеплодов, особенно у свеклы, моркови, брюквы, турнепса, наблюдается способность к рубцеванию неглубоких механических повреждений, особенно в верхней их части стеблевого происхождения – головке, где камбиальная активность больше, чем на корневой части корнеплода.

В наших опытах (З.М. Медведева, В.В. Токарев), проведенных на опытном поле кафедры плодоовощеводства НГАУ, наблюдали хорошее рубцевание головки у 5 сортов моркови и 3 сортов свёклы после удаления ботвы на глубину 0,5–0,7 см. По окончании хранения корнеплодов количество появившихся ростков было на 75–85 % меньше у корнеплодов моркови и на 70–75 % меньше – у корнеплодов столовой свёклы в сравнении с контрольными вариантами, где обрезку головки не проводили.

Все виды корнеплодов теряют устойчивость к болезням при подвядании. Быстрее увядает хвостовая часть и отсюда начинается поражение всего корнеплода. Заболевание называется хвостовая гниль и обусловливает серьёзные потери при хранении. Корнеплоды не выдерживают подмораживания: повреждённые ткани после оттаивания ослизняются и легко поражаются микроорганизмами.

Режим хранения корнеплодов подразделяют на 4 периода:

1) лечебный – во время которого поддерживают температуру 10–12 °С и относительную влажность воздуха 90–95 %. При таких условиях раневые реакции заканчиваются за 10–11 дней;

2) охлаждение – проводят в течение 10–15 дней, снижая температуру в хранящейся массе на 0,5–1,0 °С в сутки;

3) основной – поддерживают температуру на уровне 0–1 °С и относительную влажность воздуха 90–98 %, продолжительность основного периода 6–7 месяцев и более;

4) весенний – предполагает проведение дефростации (отепления продукции) до температуры 10 °С, чтобы предупредить сильные механические повреждения корнеплодов при сортировке, предпродажной подготовке, транспортировке. При необходимости продления срока хранения корнеплоды перегружают в холодильники.

Величина удельной подачи воздуха в насыпь при проведении активного вентилирования составляет 50–70 $м^3$/т·ч.

Хранят корнеплоды чаще в контейнерах с полиэтиленовыми вкладышами, ящиках, закромах и насыпью. Высота штабеля при активном вентилировании продукции: для свеклы, брюквы, турнепса 2–3 м, для моркови – 1,5–2,0 м. Известен способ хранения моркови в защитном слое глины.

Наиболее современный способ хранения корнеплодов – полиэтиленовая упаковка с частичной перфорацией. Герметично упакованные пакеты малопригодны, так как в них создаётся высокая концентрация CO_2, обусловливающая физиологическую порчу корнеплодов, повышенная влажность в пакете способствует образованию большого количества корешков.

В нашем опыте (З. М. Медведева, неопубликованные данные) при хранении столовой свёклы сорта Пабло с обрезанной головкой и частично удалённым хвостиком в перфорированных полиэтиленовых пакетах массой 30 кг мы не наблюдали развития хвостовой гнили и образования корешков даже после 18 месяцев хранения.

Лук репчатый выращивают в трехлетней культуре. В первый год из семян получают лук-севок, на второй год из севка выращивают лук-репку продовольственного назначения. Если лук-репку сохранять определённым образом, из него в следующем сезоне можно получить растение с семенами. Хорошо вызревшая луковица находится в состоянии глубокого физиологического покоя, продолжительность которого – сортовая особенность. Покоящаяся луковица защищена от окружающей среды несколькими слоями сухих кроющих чешуй. При неполном вызревании плохо формируются сухие чешуйки,

листья и шейка луковицы не успевают высохнуть до уборки; такой лук сохраняется очень плохо.

Лук-севок очень требователен к условиям хранения и особенности этих условий зависят от размеров закладываемого материала. Выделяют следующие фракции севка: мелкий – диаметром до 1 см, 1-го класса – 1–2 см, 2-го класса – 2–3 см. Крупный лук-севок диаметром около 3 см при посадке легко даёт стрелку, особенно если температура хранения не была строго выдержана (табл. 29). Чем мельче лук, тем меньше стрелок образуется при его посадке, а самая мелкая фракция, «лук-овсюшка», не образует стрелок при любой температуре хранения.

Таблица 29

Зависимость стрелкования лука-севка от температуры хранения и размера луковицы (по Е. П. Широкову),%

Диаметр луковицы, см	Температура хранения, °С			
	-3	0	3	20
1,0–1,5	0	0,9	6,7	0
1,5–2,5	0,9	7,5	47,2	0
2,0–2,5	2,8	32,9	77,5	0

Режим хранения лука репчатого разделяют на 4 периода: подготовительный, охлаждения, основной и весенний.

Подготовительный период включает просушивание и прогревание. Для этого используют напольные сушилки: лук просушивают подогретым до 25–35 °С воздухом, величина удельной подачи воздуха не менее 400–500 $м^3$/ т·ч. Когда влажность кроющих чешуй понизится до 14–16 %, луковичную массу направляют на прогревание при температуре 42–45 °С. В зависимости от размера, влажности и вызревания луковиц, а также степени поражения их болезнями время прогревания партии колеблется от 8 до 24 ч. Прогревание способствует снижению потерь лука при хранении в 2–4 раза, так как при повышенных температурах погибают возбудители шейковой гнили, ложной мучнистой росы и других заболеваний.

Охлаждение проводят сразу же после прогревания до предполагаемой температуры хранения, которая зависит от назначения партии.

В основной период при хранении лука-севка важно, чтобы он в следующем сезоне не давал стрелок, т.е. нужно исключить процессы дифференциации почек, подготовку их к генеративному развитию. Установлено, что этому способствуют температура ниже 0 °С и выше 18 °С. Разработано несколько способов хранения лука-севка. Для районов с устойчивой зимой наилучшим считают холодно-теплый способ. Осенью, при положительной температуре наружного воздуха, температуру в хранящейся массе поддерживают на уровне 18–20 °С, при наступлении устойчивых холодов её понижают до минус 1–2 °С. Весной переходят снова на теплый режим хранения. Относительная влажность воздуха при положительных температурах поддерживается 50–70 %, при отрицательных – 80–90 %. Хранят лук-севок в основном в таре – в полуконтейнерах, в сетчатых или открытых полиэтиленовых мешках, в ящиках, а также россыпью слоем 2,5–4 м.

При хранении лука товарного назначения не имеет значения, пройдут или нет процессы дифференциации конусов нарастания. Условия хранения должны максимально продлить состояние покоя. Лук-репку также можно хранить холодным или теплым способами. При теплом способе температуру поддерживают около 18–22 °С, оптимальная влажность воздуха – 60–70 % (комнатные условия). Для хранения репки холодным способом требуется холодильник, при хранении острых сортов устанавливают температуру минус 1–2 °С, полуострых и сладких – 0–1 °С. Оптимальная относительная влажность воздуха 80–90 %.

Перед реализацией партии лука-репки или весной перед высадкой севка в грунт проводят отепление лука, если основной период хранения был холодным. Для этого хранящуюся массу обрабатывают теплым воздухом в несколько этапов, постепенно повышая её температуру каждый раз на 3–5 °С. При резком перепаде температур возможно отпотевание продукции и развитие микробиологической порчи.

Хранение маточных луковиц лучше всего проходит при температуре 2–5 °С. Весной эффективно *предпосадочное прогревание* их при температуре 18–25 °С и скорости воздушного потока 0,8–1 м/с в течение 15–25 суток.

Чеснок хранят в тех же условиях, что и лук. Лучше хранятся сорта многозубкового чеснока, хуже – малозубковые. Как продовольственный, так и семенной чеснок плохо реагирует на положительную температуру. Головки чеснока перед закладкой на хранение просушивают, прогревают, охлаждают. Чеснок для продовольственных целей хранят при температуре минус 1–3 °С, для семенных целей – 0–2 °С. Влажность воздуха поддерживают на уровне 70–80 %. Сокращению потерь при хранении чеснока способствует парафинирование головок чистым парафином или его смесью с моноглицеридом в качестве эмульгатора. Хранят чеснок в открытых ящиках, закрытых полиэтиленовых пакетах, мешках и др.

Томаты. Отмечена значительная разница в сохраняемости томатов в зависимости от сорта и степени зрелости. Плоды с повышенным содержанием сухих веществ и удлинённой формы сохраняются лучше, чем округлые и приплюснутые. У томатов хорошо выражена способность к дозариванию не на кусте, а при хранении.

По степени созревания томаты различают:

– спелые (имеют окраску, свойственную сорту), их можно сохранить при температуре 1–2 °С в течение месяца, при температуре 2–3 °С – до 2 недель;

– розовой степени зрелости – сохраняют товарные свойства в течение 1,5 месяца, если их хранить при температуре 4–5 °С, и 2–3 недели – при температуре 10–12 °С;

– бланжевые – могут храниться до 2 месяцев при оптимальной температуре (4–5 °С) и около месяца, если температура 12–15 °С;

– молочная спелость позволяет продлить процесс дозревания до 2,5 месяца при температуре около 4 °С и до 1,5 месяца – при 18–22 °С.

Хранение недозрелых томатов при температуре ниже 4 °С приводит к потере способности томатов к дозреванию,

обесцвечиванию плодов, уменьшению твёрдости и сокращению сроков хранения. Оптимальная относительная влажность окружающей среды при хранении 80–90 %. Свет ускоряет дозревание; в темноте плоды краснеют медленнее, но окраска их будет ровнее.

В производственных условиях ускорение дозревания томатов осуществляют в камерах с регулируемой газовой средой, используя газ этилен. При естественном созревании этилен выделяется плодами, и было установлено, что если этиленом обработать томаты в зелёной или молочной степени зрелости, то они созревают быстрее.

Плоды томата, созревшие на растении, содержат больше питательных веществ, витаминов и вкуснее тех, которые дозревали в снятом состоянии.

Перец сладкий и баклажаны хранят в ящиках, установленных в штабеля, в течение 1–2 месяцев. Оптимальная температура – 8–10 °С, относительная влажность воздуха – 85–90 %. При использовании для хранения РГС срок хранения можно увеличить до нескольких месяцев.

Огурцы. Лучше хранятся зеленцы длинноплодных партенокарпических сортов. В производственных условиях используют в качестве тары ящики (продолжительность хранения 5–10 дней); ящики с полиэтиленовыми вкладышами толщиной 30–40 мкм (сохранность 10–15 дней); пакеты из полиэтиленовой плёнки толщиной 30 мкм (сохранность в течение 15–20 дней). В РГС (CO_2–5–6 %, O_2–3–5 %, N_2–90 %) срок хранения 30–35 дней, в атмосфере с пониженным давлением – до 45 дней. В странах Западной Европы применяют хранение зеленцов в тонкой термоусадочной плёнке, которая плотно облегает плод, предотвращая испарение влаги и попадание микроорганизмов. В такой упаковке огурец не теряет своих свойств в течение месяца даже при высокой температуре и в сухой атмосфере.

Тыква имеет очень плотные кожистые покровные ткани, благодаря чему отличается механической прочностью и хорошей сохраняемостью. В период хранения в плодах тыквы протекает гидролиз крахмала, увеличивается количество сахаров,

улучшаются вкусовые и питательные свойства. Размещают плоды тыквы в контейнерах или навалом в закромах. Оптимальная температура хранения 6–8 °С, относительная влажность воздуха 70–75 %. Хорошо хранится тыква даже в комнатных условиях до 3 месяцев, а сорта Грибовская зимняя, Зимняя сладкая, Крошка – до 4–6 месяцев.

Кабачки цуккини хранятся 6–7 месяцев при режимах, рекомендованных для тыквы.

Дыни хранить трудно, так как покровные ткани у неё очень нежны и легко травмируются при уборке и перевозке. Плоды, повреждённые заморозками, не пригодны для хранения. Снимать плоды дыни следует, срезая вместе с плодоножками, а не обрывая от плетей, и сразу же осторожно укладывать в тару для хранения или транспортировки. Иногда их убирают несколько недозрелыми и подвяливают в поле в течение 8–12 дней. Плоды сохраняются до 7 месяцев при температуре 2–4 °С и влажности воздуха 70–80 %.

Арбузы не могут дозревать при хранении, поэтому их убирают только зрелыми. Размещают плоды на хранение в ящиках, контейнерах и навалом в закромах. Оптимальная температура хранения 2–4 °С, относительная влажность воздуха 70–80 %. Продолжительность хранения плодов арбуза 2–3 месяца.

Зеленные овощи (салат, шпинат, листовой и черешковый сельдерей, лук-порей и др.) – очень скоропортящиеся продукты, через несколько дней при обычных условиях они становятся непригодными для употребления. Сохраняют эти продукты в холодильных камерах при температуре 0–0,5 °С и влажности воздуха 95–98 %. Иногда их пересыпают пищевым колотым льдом. Хорошие результаты даёт индивидуальное оборачивание хранящихся экземпляров целлофаном или полиэтиленом, верхушки при этом оставляют свободными. Срок хранения зеленных овощей можно увеличить, создавая для их хранения МГС или РГС.

Семечковые плоды – яблоки и груши – обладают способностью дозревать после съёма плодов. Проходящие во время хранения биохимические процессы обусловливают изменение

окраски, консистенции, вкуса и аромата плодов, которые, как правило, улучшаются. После некоторого периода хранения наступает старение плодов, при котором нарушается сбалансированность процессов обмена, возникают физиологические расстройства, снижается устойчивость к болезням, ухудшаются товарные характеристики. Особенности прохождения послеуборочного дозревания сильно различаются по сортам и группам скороспелости яблок и груш, в связи с этим затруднена унификация технологии хранения и товарной обработки данной продукции.

Плоды летних сортов яблок хранят при температуре минус 0,5–0 °С и относительной влажности воздуха 90–95 % всего 1 месяц, осенних сортов – 2–3 месяца. Поздние зимние сорта сразу после съёма охлаждают и сохраняют при температуре от минус 0,5 до плюс 0,5 °С. Груши хранят при температуре 2–4 °С, но продукцию, близкую к потребительской зрелости, – при более низкой температуре – от 0 до минус 1 °С. Относительная влажность воздуха должна быть около 90–95 %.

Изменением газовой среды удаётся максимально увеличить сроки хранения яблок и груш, при этом реже наступают физиологические расстройства. Если замедлять жизнедеятельность плодов не снижением температуры, а изменением состава газовой среды, то можно после хранения получить яблоки с более высокими качественными показателями. Для каждого сорта характерно своё соотношение компонентов газовой смеси и оптимальной температуры, при которых обеспечивается наилучшая сохранность плодов.

Хранят яблоки и груши в деревянных ящиках, складных или неразборных контейнерах, в пакетах из полиэтиленовой пленки. Применяют выстилание ящиков плёнкой, вставку плёночных вкладышей в контейнеры. При хранении с использованием плёнок продукцию перед запаиванием обязательно охлаждают до температуры хранения. Для хранения в полиэтиленовой упаковке пригодны не все сорта, и для каждого сорта подбирают оптимальную толщину плёнки, размер пакета, степень герметизации.

Применяют при хранении плодов также покрытие различными эмульсиями с добавлениями препаратов антисептического действия и антиоксидантов. Эти покрытия обычно запатентованы и выпускаются под товарными названиями.

Некоторые производители используют обёртывание каждого плода в специальную бумагу, пропитанную вазелиновым маслом с различными добавками.

Цитрусовые – мандарины, апельсины, лимоны, грейпфруты и др. – относительно более требовательны к повышенной температуре при хранении. Лимоны хранят при температуре: зелёные – 6–8, полужёлтые – 3–5, жёлтые – 2–3 °С. Оптимальная температура для апельсинов и мандаринов: зелёных – 4–5, полужёлтых – 3–4, желтых – 1–2 °С. Относительную влажность воздуха в хранилище поддерживают на уровне 85–90 %. Дольше всего сохраняются лимоны – вплоть до нового урожая, апельсины – до мая – июня, мандарины – в течение всей зимы.

Укладывают плоды цитрусовых в ящики, оборачивая каждый экземпляр бумагой. Хранят обычно в холодильниках и в РГС.

Виноград. Сортовые различия в лёжкости винограда очень велики, но на качество и сохраняемость винограда сильное влияние оказывают и условия выращивания. Накоплению сахаров и повышению сохраняемости способствует увеличение норм калийных удобрений, некорневые подкормки 1 %-м раствором калийной соли и некоторыми микроэлементами, в первую очередь цинком. Столовый виноград сразу после сбора укладывают в деревянные ящики-лотки, выстланные бумагой. Ящики устанавливают штабелями на решётчатый настил в 16–20 ярусов. Хранят при температуре от минус 1 °С до плюс 1 °С и относительной влажности воздуха 90–95 %. На длительное (4–5 месяцев) хранение закладывают виноград поздних сортов и используют камеры с РГС.

Косточковые плоды – это слива, вишня, черешня, абрикосы, персики. Лёжкость их сравнительно невелика, поэтому хранить их можно лишь ограниченный срок и только при определённых условиях.

Персики и абрикосы снимают для транспортирования и хранения вполне сформированными, но ещё твёрдой консистенции. Плоды осторожно укладывают в ящики-лотки, выстланные плотной бумагой, или в ячеистые ложа из картона, которые устанавливают друг на друга в картонных коробках или ящиках. Оптимальная температура хранения для персиков от минус 1 °С до плюс 1 °С, относительная влажность воздуха около 90 %. Лучшая температура для абрикосов 0 °С, относительная влажность воздуха 90–95 %. Продолжительность хранения при таких условиях около 1 месяца. При контролируемой атмосфере с содержанием 2–3 % CO_2 и 1–2 % O_2 срок хранения увеличивается в 1,5–2 раза.

Сохраняемость плодов *сливы* заметно различается по сортам. Убирают плоды сливы на хранение, как и плоды персиков, сформированными, но ещё твердыми, с плодоножкой. Укладывают сливы в ящики-лотки, выстланные бумагой, ящики устанавливают штабелями в холодильных камерах. Режим хранения слив предполагает температуру от минус 1 °С до плюс 1 °С и относительную влажность воздуха около 95 %. Некоторые сорта сливы хорошо сохраняются в запаянных полиэтиленовых пакетах до 3 месяцев. Плоды предварительно охлаждают при 0 °С в течение 15–20 ч, а перед реализацией в камере хранения постепенно повышают температуру до 4–5 °С и выдерживают 1–2 суток. В условиях контролируемой атмосферы рекомендуется концентрация CO_2 в пределах 3–5 %, O_2 – около 3 %. При таком режиме плоды сохраняются до 3–4 месяцев.

*Черешня и вишня***.** Для хранения собирают плоды характерной для сорта окраски, но с плотной мякотью и зелёной плодоножкой. Их укладывают в ящики или лотки, выстланные бумагой, слоем не более 10 см. Ящики помещают в камеры холодильников штабелями и устанавливают температуру 0–1 °С. Оптимальная относительная влажность воздуха 85–90 %. Продолжительность хранения 2–3 недели. Увеличить продолжительность хранения до 2 месяцев можно, закладывая на хранение плоды, запаянные в полиэтиленовые пакеты. Температура

хранения около минус 1 °С, относительная влажность воздуха 90 %.

Ягоды. Чёрная и красная смородина, крыжовник хранятся при оптимальных условиях от 4 до 6 недель, малина и земляника – несколько дней. Температура хранения ягод минус 0,5 °С – плюс 0,5 °С, относительная влажность воздуха 90–95 %. Снимать и укладывать в тару смородину надо кистями, быстрое охлаждение удлиняет срок хранения на 1–2 недели. Хранение ягод земляники в камерах холодильника с РГС (CO_2–5–8 %, O_2–3, N_2–90 %) возможно до 15 суток. Хранение дикорастущих ягод (черники, голубики) в герметичной упаковке из полиэтиленовой плёнки при температуре минус 2 °С позволяет сохранять их в течение 2–3 месяцев.

Клюкву и бруснику хранят сухим и мокрым способами. В первом случае ягоды укладывают в корзины, ящики, бочки и помещают в чистые проветриваемые помещения, где поддерживают температуру 3–5 °С. Продолжительность хранения до 8 месяцев. При мокром способе ягоды клюквы или брусники укладывают в бочки, заливают холодной питьевой водой и покрывают деревянными крышками, которые выполняют роль гнёта. По мере необходимости воду доливают. Ягоды сохраняются таким способом до 12 месяцев.

Контрольные вопросы

1. По каким признакам классифицируются хранилища для продукции растениеводства?
2. В чём заключаются различия между буртами и траншеями и от чего зависят их размеры?
3. Устройство различных типов зернохранилищ.
4. Особенности размещения и наблюдения за продукцией в зернохранилищах.
5. Какие требования предъявляют к стационарным хранилищам для картофеля, плодов и овощей?
6. Значение и конструктивные особенности принудительной вентиляции в стационарных хранилищах.
7. Эксплуатационные особенности холодильных камер.

8. Методы создания изменённой газовой среды в хранилищах.

9. Какие требования необходимо соблюдать при использовании полимерной плёнки при хранении растительного сырья?

10. Как подготавливают хранилища к приёму нового урожая?

11. Как следует размещать продукцию на длительное хранение?

12. Особенности тарного хранения.

13. Как осуществляется наблюдение за хранящейся продукцией?

14. Какие периоды выделяют при хранении картофеля и чем они характеризуются?

15. От чего зависит величина естественной убыли зерна и сочной продукции?

16. Как осуществляется учёт хранящихся растительных масс? Что относят к абсолютному отходу, техническому браку, общим отходам?

17. От чего зависят условия хранения сочной продукции?

18. Особенности технологии хранения картофеля для семенных и товарных целей.

19. Особенности хранения огурцов, тыквы, кабачков.

20. Как хранят плоды семечковых культур?

21. Какие способы и режимы хранения существуют для ягод?

22. Чем определяется выбор режима хранения лука-репки, лука-севка, маточных луковиц?

23. Хранение капусты белокочанной. Особенности закладки капусты на хранение при уборке в дождливую и сухую погоду.

26. Какие периоды выделяют при хранении корнеплодов? Особенности режима хранения в эти периоды.

12. ВЫЯВЛЕНИЕ, ФОРМИРОВАНИЕ И ПРОДАЖА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ ПАРТИЙ ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

В Западной Сибири ежегодно около 6 200 тыс. га засевают яровой пшеницей. Большая часть районированных в Сибири сортов пшеницы относится к группе «сильных», т. е. потенциально обладающих высокими хлебопекарными характеристиками. Однако из-за целого ряда причин значительные объёмы товарного зерна не имеют хороших показателей, отвечающих требованиям, предъявляемым к сильному зерну.

Конечной целью всего комплекса работ по качеству мягкой пшеницы является максимально возможная продажа зерна 1-го и 2-го классов с каждого гектара посева и получение дополнительной прибыли за счёт доплат за качество продукции. Под влиянием сорта, удобрений и других средств химизации, агротехнических приёмов выращивания, сроков и способов уборки в пределах одного хозяйства на разных полях обычно формируется зерно неодинакового качества. Различия по содержанию клейковины могут составлять 5–8 % даже при посеве по одному предшественнику. Если хозяйство не определяет качество зерна формирующегося урожая на каждом поле и бессистемно смешивает зерно разных полей на току, то оно несёт огромные убытки.

Регулировать и повышать показатели качества зерна пшеницы в период от уборки до продажи можно только на основе управления качеством, организованного в хозяйстве. Управление любым процессом состоит из элементов, складывающихся в систему. Сотрудники отдела качества зерна СибНИИСХ (г. Омск) разработали систему выявления, формирования и реализации однородных по качеству партий зерна пшеницы, основанную на управлении качеством продукции с использованием информационной обратной связи. Главные особенности системы: организация в хозяйстве чёткого и научно обоснованного контроля качества зерна пшеницы на пути от поля до хлебоприёмного предприятия; формирование однородных партий зерна в условиях хозяйства с учётом его качества; со-

гласование сроков отгрузки и места выгрузки партий на приёмных предприятиях; контроль правильности анализов, проводимых заготовительной организацией.

Для реализации всей системы в крупных хозяйствах заблаговременно создаётся служба контроля качества зерна. Фермерским и некрупным хозяйствам можно ограничиться заключением договора с аккредитованной лабораторией на проведение полевых обследований и лабораторных анализов.

Первый этап работы службы контроля – организация лаборатории анализа качества зерна и бригады обследования. В составе бригады обследования может быть 2–5 человек в зависимости от объёма предполагаемых работ. Бригада обследования включает группу отбора образцов и группу анализа. В группу отбора можно привлекать временных людей, обучив их приёмам отбора образцов на месте, а в группе анализа желательно иметь хотя бы одного человека, прошедшего специальное обучение.

Группе отбора следует выделить автомашину или другой транспорт, снабдить её этикетками, шпагатом и длинной вешкой, которая будет служить ориентиром при продвижении по полю во время взятия образцов. Зная площадь, конфигурацию поля и ширину захвата жатки, можно рассчитать общее число валков и исходя из этого – частоту отбора точечных проб.

За 1–2 дня до обмолота валков или прямой уборки пшеницы группа отбора выезжает на поля и отбирает снопы по двум диагоналям каждого обследуемого поля. Объём снопов должен быть таким, чтобы получить из каждого снопа 1–1,2 кг зерна. При взятии проб из валков необходимо отбирать точечные пробы пропорционально по всей толщине валка. За один день группа из двух человек может отобрать снопы с 6–8 полей площадью 300–400 га каждое. При необходимости снопы перед обмолотом подсушивают на открытых площадках или в сушилке при температуре не выше 35–40 °С.

Основную работу группа анализа выполняет в аналитической комнате площадью 15–20 м^2, имеющей 2–3 стола, 2–3 кронштейна для приборов и весов, несколько электрических

розеток, электро- или газовую плиту. Набор приборов и оборудования подбирают исходя из требований соответствующих стандартов и выбранных методов оценки качества зерна. Кроме аналитической комнаты, желательно иметь вспомогательное помещение или навес для хранения снопов и проб зерна. При дефиците приборов и оборудования для обследования качества зерна можно создавать межхозяйственные или использовать районные лаборатории.

В хозяйствах Омской области широко используются двухэтажные весовые при зернотоках, где второй этаж занимает аналитическая лаборатория с размещением в ней приборов и оборудования для анализа качества зерна, а также анализа качества кормов, почв и др.

Рассматриваемая система включает три этапа обследования качества зерна пшеницы: предварительное, основное, контрольное.

Для *предварительного* обследования используют зерно, полученное из отобранных в поле снопов, или зерно из бунтов при раздельном, без смешивания, размещении на току ворохов с отдельных полей. Порядок отбора точечных проб зерна из бунтов следующий: через каждые 5–10 м длины бунта в точках на высоте 1–1,5 м от его нижнего края (или в середине склона бунта) берут пробы на двух глубинах. Первую пробу вынимают с глубины 10–15 см от поверхности зерновой массы, а вторую берут на глубине не менее 1 м, как можно ближе к основанию бунта. Щуп стараются заглублять под прямым углом к наклонной стороне насыпи. Пробы, взятые с обеих сторон бунта, объединяют в первый образец. Для второго образца пробы берут в интервалах между точками взятых проб первого образца. Масса каждого образца должна составлять 1,5–2,0 кг. Зерно очищают от примесей, при необходимости подсушивают и анализируют в соответствии с ГОСТом. Результаты анализов направляют в службу контроля качества, которая намечает дальнейший порядок работы с данной партией зерна, разрабатывает технологию послеуборочной обработки и выбирает направление использования.

С учётом предварительного обследования зерно размещают на току и формируют партии в соответствии с действующими нормативами качества зерна. Например, формируют партии зерна мягкой пшеницы с содержанием клейковины не менее 32; 28 и 23 %. К партиям зерна с содержанием клейковины 27 и 22 % целесообразно подсортировать, используя принцип аддитивности, часть высококачественного зерна. Чтобы установить необходимые пропорции, следует заранее провести пробную подсортировку нескольких килограммов зерна и проверить результат в лаборатории. Это обследование считается основным. Во время проведения основного обследования учитывают и другие показатели качества зерна (натуру, наличие зерновой и сорной примеси, влажность), чем добиваются создания объединённых партий, отвечающих более высоким требованиям.

Для того чтобы сделать объединённую партию однородной по качеству, поступившее с разных полей зерно, после соответствующей подработки, подаётся в завальную яму поточной линии в пропорциях, определённых пробными подсортировками. Объединённую массу размещают на току или в складе, причём масса одной формируемой партии в хозяйстве должна быть равна суточной доставке зерна на хлебоприёмное предприятие или другому потребителю, так как на этих предприятиях проводится анализ среднесуточной пробы от каждого поставщика (если иное не оговорено в дополнительном соглашении). Бунт однородного по качеству зерна может иметь и большие размеры, но его желательно разбить на участки суточного объёма продажи зерна, снабдив их этикеткой с указанием массы зерна и его качества по основному обследованию. Результаты основного обследования сообщают на хлебоприёмное предприятие, согласовывают сроки отгрузки и место выгрузки данной партии зерна.

При отправке зерна покупателю для составления среднесуточной пробы хозяйства из кузовов машин или из струи зерна при загрузке из бункеров-накопителей отбирают точечные пробы в соответствии с действующим стандартом. Образцы

срочно анализируют, причем клейковину отмывают не менее двух раз. Отбор и анализ среднесуточной пробы в хозяйстве перед отправкой покупателю считается *контрольным* обследованием. Результаты контрольного обследования сравнивают с результатами анализа лаборатории хлебоприёмного предприятия и решают вопрос о цене реализуемой продукции.

Контрольные вопросы

1. В чём особенности системы управления качеством зерна мягкой пшеницы?
2. Элементы службы контроля качества зерна.
3. Какие этапы обследования качества зерна предусматривает омская система?
4. В каких случаях и как проводят подсортировку высококачественного зерна?
5. Какой порядок отбора точечных проб из бунтов рекомендован при проведении обследований партий зерна в хозяйствах?

13. ОСНОВЫ МУКОМОЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Наука о зерне и технологии его переработки родилась на стыке разных областей знаний. Она опирается на химию, физику, аэродинамику, теплотехнику, гидравлику и другие науки, которые делают возможным успешное управление сложными технологическими процессами мукомольного производства.

Под технологией мукомольного производства понимают науку, изучающую способы и приёмы переработки зерна хлебных злаков в продукцию (муку, крупу) различного ассортимента, показатели качества которой регламентируются требованиями стандартов или технических условий.

Развитие науки и техники привело к созданию высокопроизводительных измельчающих машин (вальцовых станков), сортирующих и просеивающих машин (рассевов, ситовеечных установок), использованию транспортирующих устройств механического и пневматического действия и др. Комплекс машин и оборудования, используемых для получения муки из зернового сырья, называют мельницами. Большинство современных мукомольных заводов имеют производительность 250–500 т муки в сутки.

Особенности современной технологии мукомольного производства – прямоточность и непрерывность операций. Машины, аппараты и механизмы расположены по ходу технологического процесса, зерно и продукты его переработки непрерывно перемещаются из одной машины в другую пневматическим (или механическим) транспортом и по продуктопроводам самотёком. Производительность всех машин должна быть строго согласована, что обеспечивает беспрерывность всего технологического процесса. Суммарная длина технологических линий на мельницах сортового помола может составлять 3–5 км и более.

Технологические линии современных мельничных предприятий полностью автоматизированы: они обеспечены средствами автоматической настройки и регулирования режимов

работы машин, а также определения качества продукции в потоке. Управление многими процессами осуществляется с помощью компьютерных технологий.

Мука – пищевой продукт, получаемый при измельчении зерна различных культур.

Измельчение – это деление зерна на части различной крупности под действием разрушающих усилий рабочих органов специальных измельчающих машин. Степень измельчения определяется конечной целью процесса: сортовые помолы до средних размеров граней полученных частиц около 160 мкм; обойные помолы до средних размеров граней не более 670 мкм. Вследствие неравномерного распределения веществ в зерновке полученные частицы различаются по химическому составу, свойствам и питательности. Механические свойства зерновки, при правильном измельчении и сортировании частиц, позволяют получать муку из разных частей эндосперма (периферийной и внутренней). На основании этого на мукомольных предприятиях применяют несколько видов помолов и получают различный выход и сорта муки.

Помолом называют совокупность процессов и операций, проводимых с зерном и образующимися при его измельчении промежуточными продуктами (крупками, дунстами) до получения конечных продуктов, определённых в техническом задании. Цель помола – наиболее полное извлечение из зерна мучного ядра (эндосперма) либо измельчение всего зерна с отбором или без отбора отрубей. Классификация помолов показана на рис. 3.

Вид помола характеризует кратность воздействия измельчающих орудий на одну партию зерна. При *разовых помолах* муку получают в результате однократного пропуска зерна через измельчающую машину. Продукт размола представляет смесь частиц эндосперма и оболочек или, если применяют просеивание, получают муку сеяную и отруби. При *повторительных помолах* зерно измельчается постепенно на нескольких последовательных системах. На каждой системе из

продуктов измельчения отсеивают муку, а крупные частицы направляют на следующую размольную систему, и так до тех пор, пока не получат из промежуточных продуктов муку требуемой крупности.



Рис. 3. Классификация помолов

Тип помола определяет количество сортов муки (продукции), выработанных из одной партии зерна. В зависимости от выхода сортов муки различают простой и сортовой (сложный) типы помолов. *Простые типы помолов* могут быть с отбором или без отбора отрубей. *Сортовые типы помолов* бывают: без обогащения крупок, с частичным обогащением крупок, с сокращенным обогащением крупок, с нормальным обогащением крупок, с развитым обогащением крупок.

Схемы помолов, характеризующие взаимосвязь машин и движение продуктов, принято изображать графически (рис. 1 и 2 прил. 11). Степень сложности схем зависит от вида помола и производительности мукомольного предприятия.

Ассортимент (сорта) и качество муки определяются: строением зерновки; механическими и технологическими свойствами зерна; способами подготовки и размола зерна; удлинением схемы технологического процесса.

Из зерна пшеницы вырабатывают:

а) муку хлебопекарную (крупчатку – содержание клейковины не менее 30 %, высшего сорта – клейковины не менее 28,

первого сорта – клейковины не менее 30, второго сорта – клейковины не менее 25, обойную – клейковины не менее 20 %);

б) муку для макаронных изделий (высший сорт – крупка, содержание клейковины не менее 30 %, первый сорт – полукрупка, клейковины не менее 32, второй сорт – содержание клейковины не менее 25 %);

в) манную крупу (марка «М» – из зерна мягкой пшеницы, марка «Т» – из зерна твёрдой пшеницы, марка «ТМ» – из смеси мягкой и твёрдой пшеницы);

г) зародышевые хлопья;

д) кормовую мучку и отруби (при сортовых помолах).

Из зерна ржи вырабатывают:

а) муку сеяную (состоит из частиц эндосперма, имеет белый цвет с синеватым оттенком);

б) муку обдирную (состоит из оболочек с частицами эндосперма, имеет серый цвет с коричневым оттенком);

в) муку обойную (получают размолом целого зерна, имеет сероватый цвет).

Выходом муки называют её количество, полученное из зерна в результате помола. Выход выражают в процентах к массе переработанного зерна. Выход муки может быть близким к 100 %, но в практике мукомольного производства приняты следующие показатели выхода муки:

– для пшеничной муки: 96 % – обойная (односортная); 85 – второго сорта (односортная); 78 – двух- и трёхсортная; 75 – трёх- и односортная; 72 % – первого сорта (односортная);

– для ржаной муки: 95 % – обойная; 87 – обдирная; 63 % – сеяная (все односортные);

– пшенично-ржаная мука: 96 % (односортная);

– ржано-пшеничная мука: 95 % (односортная).

Технологические и структурно-механические свойства зерна. Основное сырьё для мельниц – зерно пшеницы и ржи. Зерно – это капиллярно-пористое коллоидное тело. Строение зерна, его физические признаки и химический состав предопределяют выбор способов и приёмов, а также технологических режимов переработки зерна в муку.

Относительное содержание составных частей в зерновке выражается следующими данными (% на сухое вещество):

	Пшеница	Рожь
Эндосперм	79,0–84,0	75,0–79,0
Плодовые оболочки	4,2–5,3	4,8–5,5
Семенные оболочки	3,1–3,8	1,9–2,8
Алейроновый слой	6,0–9,5	10,0–13,0
Зародыш со щитком	1,43–3,14	3,41–4,00

При одинаковой крупности, выполненности и плотности зерно пшеницы из восточных регионов содержит эндосперма столько же, сколько зерно южных. Нет заметной разницы по содержанию эндосперма в зерне твердой и мягкой пшеницы. Меньше эндосперма в щуплом и недоразвитом зерне. Чем больше в зерновой массе крупных и средних фракций, чем больше масса 1000 зёрен, натура, а также плотность, тем больше в зерновке содержание эндосперма и меньше оболочек. Указанные признаки очень изменчивы и зависят от сорта, почвенно-климатических факторов, агротехники и т.п. Эти же признаки определяют химический состав и биохимические особенности зерна.

В зерне пшеницы и ржи различных районов произрастания содержатся одинаковые химические вещества, но в разных количествах. Зерно пшеницы, полученное в южных и восточных регионах, содержит больше белков, чем зерно из западных и северных районов; в засушливых условиях содержание белков может достигать 24–25%, в районах с избыточным увлажнением оно уменьшается до 9%.

Распределение химических соединений по частям зерновки крайне неравномерно. Так, количество белков в эндосперме пшеницы составляет 12–14%, в зародыше – 40–42%; крахмал сосредоточен лишь в клетках эндосперма, а в оболочках, алейроновом слое и зародыше полностью отсутствует.

Из 100% белков в зерне 65% приходится на эндосперм, 20 – на алейроновый слой, 10 – на зародыш и около 5% – на оболочки. Белки пшеницы состоят из 50–55% углерода, 19–24 – кислорода, 16–18 – азота, 6,6–7,3 – водорода и 0,7–2,4 –%

серы. В небольших количествах содержатся фосфор, железо, галогены.

Зольность – это выраженное в процентах количество минеральных веществ, остающееся после полного сжигания органических веществ навески.

Из 100 % минеральных веществ около 70 % приходится на алейроновый слой, зольность которого колеблется от 7 до 11 %. Остальные 30–35 % находятся в плодовой и семенной оболочках, зольность их варьирует от 2,4 до 3,8 %.

Химические соединения в зерне ржи распределены так же, как и в пшеничном зерне, однако количество белков у ржи меньше. В зерне ржи содержится большое количество (до 3 % от массы зерна) коллоидных полисахаридов – слизей, обладающих высокой гидрофильностью. Если эти слизи удалить из муки, то можно получить клейковину, не уступающую по своим свойствам клейковине пшеницы.

Химический состав обусловливает и различные физические свойства анатомических частей зерна. Степень сопротивляемости эндосперма, оболочек, алейронового слоя и зародыша внешним воздействиям при подготовке и размоле зерна неодинакова. Это предопределяет характеристику мукомольных свойств зерна: величину прочности (Р), микротвёрдость оболочек и эндосперма (Н), стекловидность.

Стекловидность – это консистенция эндосперма зерна. Мучнистое зерно в разрезе имеет матовый оттенок, напоминающий мел, полустекловидное зерно – полупрозрачное, а стекловидное – более или менее прозрачное.

Мягкую пшеницу по стекловидности делят на три группы: 1-я – стекловидность выше 60 %; 2-я – стекловидность в пределах 40–60 %; 3-я – стекловидность ниже 40 %. С увеличением стекловидности становятся заметны белковые прослойки, заполняющие пространство между крупными крахмальными зёрнами; выход крупных фракций крупок при этом возрастает. С понижением стекловидности выход крупной и отчасти средней крупок уменьшается, а мелкой и особенно дунста и муки – увеличивается.

Стекловидность эндосперма и его связь с оболочками оказывают решающее влияние на результаты просеивания и отделения оставшегося эндосперма от частиц оболочек. Мука из пшеницы со стекловидностью выше 60 % лучше просеивается, и эндосперм легче отделяется от оболочек. Мука из пшеницы с пониженной стекловидностью менее севка. При переработке пшеницы 3-й группы (особенно при стекловидности менее 30 %), эндосперм которой отличается рыхлой консистенцией и характеризуется сильным межмолекулярным сцеплением, получают «мягкую» муку, которая просеивается значительно труднее, а эндосперм сложнее отделить от оболочек. Частично устраняют этот дефект хорошим кондиционированием и оптимальным режимом измельчения.

Абсолютно стекловидных зёрен ржи почти нет, частично стекловидных встречается 20–40 %.

Величина прочности зерна рассчитывается по формуле П. А. Ребиндера:

$$P\frac{A}{\Delta F} = \text{кГ} \cdot \text{м/м}^{2}, \qquad (10)$$

где A – работа, затрачиваемая на образование новой поверхности, кГ·м;

ΔF – вновь образованная поверхность при измельчении, м^2.

Величина прочности целого зерна находится в пределах 116–194 кГ·м/м^2, и у пшеницы она меньше, чем у ржи. Прочность зерна зависит главным образом от работы, затраченной на преодоление в зерне молекулярных сил сцепления при измельчении, обусловленных физическими и химическими свойствами: у крупных, выполненных зёрен прочность больше, у высокостекловидных – ниже.

Микротвёрдость – это твёрдость отдельных участков составных частей зерна. Её учитывают при выборе способов и технологии размола. Микротвёрдость оболочек и эндосперма зависит от линейных размеров зерна, влажности, химического состава, структуры частей зерновки, общей стекловидности, условий развития и местонахождения зерновки в колосе.

Микротвёрдость оболочек мягких высокостекловидных и твёрдых пшениц в 2–2,5 раза больше, чем микротвёрдость эндосперма. Микротвердость эндосперма ниже в зоне, расположенной ближе к алейроновому слою (6,5–9,0 кг/мм^2); выше у бородки (8,5–10,0 кг/мм^2) и максимальна в центральной части (8,7–10,5 кг/мм^2). На микротвёрдость эндосперма существенно влияют интенсивность распространения микротрещин и степень их раскрытия.

У низкостекловидного зерна микротвёрдость отдельных частей почти одинакова, что необходимо учитывать при разработке технологий размола партий с пониженной стекловидностью.

При прочих равных условиях количество извлекаемых промежуточных продуктов и муки, а также связанный с этим расход энергии обусловлены как прочностью самого эндосперма, так и прочностью его связи с оболочками.

Мукомольные достоинства зерна характеризуются: содержанием эндосперма в зерне, выходом и качеством промежуточных продуктов и муки в драном процессе, общим выходом и качеством муки, получаемой при сортовых помолах.

Основные показатели для оценки мукомольных свойств зерна:

– количество и зольность крупок и дунстов, получаемых в крупочном процессе;

– выход и качество муки высоких сортов на первых 4–5 размольных системах;

– общий выход муки и её качество;

– степень вымалываемости оболочек (определяется по содержанию крахмала в отрубях);

– расход энергии на 1 т выработанной муки.

При незначительных колебаниях качества сырья (натура, масса 1000 зёрен, плотность, выравненность и крупность зёрен, содержание эндосперма) в драном процессе достигается почти постоянное суммарное извлечение крупок, дунста и муки независимо от типа и района произрастания пшеницы. Чем больше в драном процессе образуется низкозольных

промежуточных продуктов крупных фракций, тем выше мукомольные свойства зерна.

В общем извлечении соотношение между фракциями промежуточных продуктов зависит от структурно-механических свойств зерна и его частей, режимов подготовки зерна к помолу и режимов измельчения.

Выход муки в драном процессе также обусловлен стекловидностью зерна, а общий выход муки – относительным содержанием эндосперма в зерне, вымолоспособностью и измельчаемостью оболочек.

Идеально, если при сортовых помолах зольность муки близка к зольности эндосперма. Но выход такой муки составляет 35–45 %, остальная мука содержит частицы оболочек и алейронового слоя. При общем выходе муки около 78 % в ней остаётся от 4 до 45 % оболочек и алейронового слоя.

Цвет муки целиком совпадает с природным цветом эндосперма, так как в нем содержатся красящие вещества – каротин и ксантофилл. Мука из мягкой низкостекловидной пшеницы имеет сероватый оттенок; мука высшего и первого сортов из среднестекловидной пшеницы – белого цвета с кремовым оттенком, а из высокостекловидной и твёрдой пшеницы – белого цвета с кремово-желтым оттенком. Цвет муки второго сорта зависит от степени насыщения её частицами измельчённого пигментного слоя семенной оболочки: у южных сортов пшеницы это желто-янтарная окраска, у восточных – красно-коричневая.

Цвет муки, крупок и дунстов может изменяться при сушке зерна с нарушениями температурного режима за счёт появления потемневших, поджаренных и обугливших зёрен.

Хлебопекарные достоинства зерна. Их оценивают по комплексу показателей: содержанию белков; количеству и качеству клейковины; физическим свойствам теста; газообразующей и газоудерживающей способности теста; по показателям качества выпеченного хлеба (объёмный выход, расплываемость, пористость, наличие картофельной болезни и др.).

Содержание белков в пшеничной муке различных сортов неодинаково, так как неодинаково исходное содержание их

в отдельных частях зерновки. В муке высшего сорта белков меньше (10,0–14,3 %), в муке первого сорта – больше (10,6–15,8 %), в муке второго сорта – максимальное количество (12,3–16,5 %). По качеству белков зависимость обратная: мука высшего сорта занимает первое место, первого сорта – второе, второго сорта – третье место.

Комплекс белков *глиадина и глютенина* в зерне пшеницы образует ***клейковину***, количество и качество которой оказывают решающее влияние на состояние теста при замесе и расстойке, а также на качество хлеба. При замесе теста молекулы глиадина и глютенина соединяются с молекулами воды и это вещество называют «сырая клейковина». Сырая клейковина на 1/3 состоит из сухих веществ и на 2/3 – из воды. Если содержание сырой клейковины в муке превышает 30 %, его считают высоким, 26–30 – средним, при 20–26 – ниже среднего и до 20 % – низким. Сырая клейковина бывает светлая или темная, с большей или меньшей упругостью и растяжимостью. Темный или сине-серый цвет бывает у клейковины из проросшего, морозобойного или зерна, испорченного самосогреванием. Из муки, клейковина которой характеризуется нормальной упругостью и достаточной растяжимостью, хлеб получают хорошего качества.

В сортовой муке всегда содержится больше клейковины, чем в зерне, так как при помоле удаляются частицы оболочек и зародыша, в которых отсутствуют клейковинные белки. Для обеспечения производства муки, отвечающей требованиям стандарта или ТУ, необходимо учитывать количество и качество клейковины в зерне, направляемом в помол.

Величина (коэффициент), на которую количество сырой клейковины должно быть больше в сортовой муке, чем в зерне пшеницы, составляет для высшего сорта 1,10, первого – 1,16 и второго сорта – 1,28. Указанные значения используют при формировании помольных партий зерна на сортовых мельницах. Зная содержание клейковины в зерне и умножив эту величину на переводной коэффициент, можно рассчитать содержание клейковины в муке того или иного сорта.

Физические свойства теста характеризуют хлебопекарные свойства зерна и полученной из него муки. Чаще всего определяют *упругость теста*, его растяжимость и удельную работу на деформацию теста. Упругость теста – это способность теста сопротивляться растяжению. Чем больше оболочек в муке, тем больше упругость теста, т.е. мука высшего сорта дает менее упругое тесто, а тесто из муки второго сорта имеет самую большую упругость.

Газообразующая и газоудерживающая способность теста – важные характеристики зерна, предназначенного для хлебопекарных целей. Когда в процессе замеса образуется мало диоксида углерода и он слабо удерживается при брожении теста, выпекаемый хлеб имеет низкий объёмный выход. Главную роль в газообразовании играют сахара, образующиеся в тесте под воздействием ферментативного расщепления крахмала. При сильном измельчении крахмальных зёрен облегчается доступ к ним ферментов, которые увеличивают газообразующую способность теста, но чрезмерное перетирание частиц муки как бы «омертвляет» клейковинные белки и, как следствие, уменьшается объёмный выход хлеба. Уменьшение газоудерживающей способности наблюдается в муке с повышенным содержанием частиц оболочек.

Качество хлеба оценивают по комплексу показателей: объёмному выходу (*V*), степени расплываемости, внешнему виду, качеству мякиша, величине пористости и кислотности.

Объёмный выход хлеба из муки высшего и первого сортов больше, чем хлеба из муки второго сорта. Качество хлеба считается высоким при *V*=460 мл, выше среднего – 420–460; средним – 390–420; ниже среднего – 340–380; низким – при *V*=340 мл. Для повышения объёмного выхода хлеба используют сахар, бромистый калий и др.

Степень расплываемости (формоустойчивость) – это отношение высоты хлеба к его среднему диаметру (H/D). Пшеницы, богатые белками, но со слабой клейковиной, дают хлеб низкого объёма, с плохой пористостью и сильной расплываемостью.

Внешний вид хлеба характеризуется: цветом корки, который может быть бледноватым или золотисто-румяным; равномерностью окраски; наличием или отсутствием трещин или подрывов. Трещинами считают разрывы, проходящие через верхнюю корку в одном или нескольких направлениях; подрывами – разрывы между боковой и верхней корками. Мелкие подрывы – до 0,5, крупные – более 0,5 см.

Качество мякиша характеризуется пористостью (отношением объёма пор мякиша к общему его объёму в процентах), влажностью и цветом. Влажность мякиша – 38–42 %, для хлеба 2-го сорта – не более 43 %. Цвет мякиша должен быть типичным, равномерным, без вкраплений.

Пористость мякиша хлеба из муки высшего сорта составляет 71–83 %, 1-го сорта – 77–82, 2-го сорта – 73–76 %.

Кислотность хлеба для первого сорта не должна превышать 3 град., второго сорта – 4 град.

«Тягучая» картофельная болезнь может проявиться в хлебе, если зерно в поле или при уборке было инфицировано возбудителем – спорообразующей картофельной палочкой, которая обитает в воде, почве, на растениях. Оптимальная температура для возбудителя – 40 °С, но выдерживать может до 120 °С в течение часа, влажность среды обитания должна быть повышенной, а реакция среды – нейтральной (pH около 7). Наличие возбудителя в зерновой массе и муке не является бракеражным показателем, но указывает на то, что мука (партия зерна) подлежит немедленной реализации в определённом порядке:

– сортовая мука (высший и 1-й сорт) – для бараночных и сухарных изделий, пряников и мелкоштучных изделий до 200 г;

– мука 2-го сорта – для изготовления ржано-пшеничных сортов хлеба (славянский, орловский);

– обойная мука – для ржано-пшеничного хлеба типа украинский.

Методика определения наличия картофельной палочки в партии зерна или муки: из испытуемого образца зерна или

муки выпекают хлеб. Через 2 ч выпеченную булку заворачивают во влажную бумагу и выдерживают при температуре 37^0С. Через 24 ч хлеб исследуют: при наличии возбудителя мякиш станет липким с резким специфическим запахом.

Составление помольных партий. Все партии, поступающие на мельницы, обладают неодинаковыми технологическими свойствами вследствие различий почвенных и климатических условий, многообразия видов и сортов пшеницы, особенностей агротехники. В связи с этим на мельницах формируют из отдельных компонентов (зерна) помольные партии, что обеспечивает рациональное использование зерна, оборудования и электроэнергии.

Успешное проведение операций смешивания на сортовых мельницах требует размещения зерна в хранилищах партиями, подобранными по технологическим свойствам и близкими по показателям качества. Зерно размещают по следующим показателям:

– сортам (если известны) и районам произрастания;

– типовому составу с учётом стекловидности – отдельно II тип; остальные типы по группам стекловидности: более 60 %; 40–60; менее 40; менее 20 %;

– влажности: до 14 %; от 14 до 15,5; от 15,5 до 17 и свыше 17 %;

– содержанию клейковины: до 20 %; от 20 до 25; более 25; сильное зерно – более 28 %;

– качеству клейковины: 1, 2 и 3-я группы;

– натуре: для зерна пшеницы – более 750 г/л; 690–750; менее 690 г/л; для зерна ржи – более 700 г/л; 650–700 и менее 650 г/л;

– неполноценности: головнёвое, морозобойное, полынное, зараженное вредителями. Неполноценное зерно пшеницы возможно использовать на мельницах, добавляя его к нормальному зерну в размерах, обеспечивающих выработку стандартной продукции и при наличии специального разрешения.

При объединении зерна для размещения его в складах и элеваторах следует помнить, что чем меньше величины от-

клонений показателей качества, тем легче хранить зерно и составлять помольные партии.

В смесях рекомендуется сочетать яровые пшеницы с озимыми, яровые твёрдые с мягкими яровыми и озимыми; зерно урожаев прошлых лет с зерном нового урожая, через 2–3 месяца после уборки. Формируя помольную партию, можно смешивать составные части по одному показателю, например по стекловидности. Стекловидность наиболее верно выражает технологическую, биохимическую и энергетическую характеристики зерна. Этот показатель в известной мере обусловливает выбор режима кондиционирования зерна, выход крупок в драном процессе, выход муки высоких сортов, общий выход муки и её качество, а также удельные нагрузки на технологическое оборудование и расход энергии на помол.

Различают два вида смешивания:

– партий полноценного зерна различного качества;

– полноценного зерна с неполноценным.

В первом случае смешивания применяют расчетный метод, во втором – метод пробных выпечек (на основе лабораторного помола смесей при различных соотношениях отдельных компонентов и проверке качества муки по результатам пробной выпечки хлеба).

Мукомольный процесс включает два этапа, каждый из которых состоит из нескольких операций, выполняемых в определённой последовательности в зависимости от качества и состояния сырья, выбранной технологической схемы, наличия соответствующего оборудования.

Первый этап – *подготовка зерна к помолу* – проходит в зерноочистительном отделении и включает следующие операции:

– последовательное выделение из зерновой массы всевозможных примесей (камней, комочков земли, органических остатков, мелких и битых зёрен, металлопримесей, семян вредных и ядовитых растений и т. п.) с помощью зерноочистительных машин;

– очистка наружного покрова зерна от пыли, грязи, бородок, плодовых оболочек, частичное отделение зародышей с помощью шелушения, полирования и мойки зерна;

– увлажнение, кондиционирование, отволаживание зерна (способствуют получению оптимальной влажности зерна, что повышает выход и качество муки, снижает износ мукомольного оборудования).

Второй этап – *получение муки* – происходит в размольном отделении и осуществляется в несколько приёмов:

– последовательный размол зерна на серии размольных станков;

– разделение продуктов размола по размерам на рассевах (набор плоских сит), совершающих круговые или возвратно-поступательные движения;

– разделение продуктов размола по качеству на ситовеечных машинах;

– выделение металлопримесей в магнитных аппаратах.

Подготовка зерна к помолу.

Очистка. Разнообразие примесей, встречающихся в зерновой массе, очень велико, и их характеристики существенно разнятся. Примеси заметно отличаются от полноценного зерна морфологией (состояние поверхности, окраска), геометрией, формой, массой 1000 семян, плотностью, аэродинамическими свойствами. Например, взвешивающая скорость воздуха для зерна пшеницы колеблется от 9 до 12 м/с, для зерна ржи – от 8,5 до 10,0, для зерна ячменя – от 8,5 до 11,0, а для примесей – от 4 до 6 м/с.

Многообразием и значительными различиями в характеристиках зерна и примесей объясняется невозможность одновременного отделения всех разнородных примесей в одной машине. В состав зерноочистительного оборудования входят: воздушно-ситовые сепараторы, аспираторы, пневмосепараторы, аспирационные колонки, триеры, камнеотборочные машины, магнитные аппараты, моечные машины с отжимной колонкой.

Вне зависимости от вида транспорта, подающего зерновую массу в очистительное отделение, задача очистки заключается в удалении сорной, зерновой и металломагнитной примесей при минимальных потерях зерна в отходах и доведении

качества зерна, принимаемого в переработку, до требований соответствующих стандартов. Однако полностью удалить всю сорную и зерновую примеси практически не удаётся, т. к. это было бы связано с попаданием большого количества полноценного зерна в отходы. Существуют определённые допуски наличия примесей, которые регламентируются техническими условиями.

Шелушение. Наличие у зерна бородки и бороздки, мельчайших складок оболочек, макро- и микронеровностей на его поверхности создаёт условия для залегания и скопления пыли и грязи, а также микроорганизмов. Их удаление проводят с помощью абразивных обоечных машин различных конструкций, в зависимости от определённых технологических задач и состояния партии зерна. Технологическое назначение таких машин – наиболее полно очищать поверхность зерна от пыли и грязи, разбивать комочки земли, удалять частично бородку и плодовые оболочки, сохраняя целостность зерна и его зародыша.

Чрезмерно интенсивное воздействие рабочих органов обоечных машин приводит к травмированию зерна – повреждению алейронового слоя, увеличению количества битых зёрен и даже к частичному разрушению эндосперма. Всё это вызывает потери ценного зерна и уменьшение выхода муки. Кроме того, битое зерно, загрязненное в местах излома, поступив на размол, ухудшает качество промежуточных продуктов и муки. Для обработки зерна пшеницы рекомендуют окружную скорость бичей 11–15 м/с; для зерна ржи – 15–18 м/с. С увеличением скорости бичей возрастает интенсивность обработки, но зерно при этом сильнее травмируется.

Для более мягкой очистки и частичного извлечения грязи и пыли из бороздки применяют щёточные машины, в которых рабочими органами служат щётки вращающегося барабана и неподвижные щётки деки.

Воздушный режим в обоечных машинах оказывает существенное влияние на технологический эффект. В процессе обработки зерна в таких машинах образуется много зерновой

пыли. Степень запылённости зависит от структурно-механических свойств оболочек зерна, его влажности, места нахождения машины в технологическом процессе и правильности регулировок рабочих органов. При использовании обоечной машины на первом этапе подготовки зерна к помолу на поверхности зерна оседает преимущественно минеральная пыль, на третьем этапе – пыль органического происхождения.

Обычно запылённость зерна после обоечной машины может достигать 0,1–0,2 % от массы зерна. Если не удалять пыль из машины, то она будет оседать на ее рабочих органах и поверхности зерна, препятствуя передвижению зерновой массы к выходу. В обоечных машинах предусмотрено удаление пыли аспирацией. Необходимо поддерживать оптимальные воздушные режимы работы аспирационных устройств. Особенно эффективно удаляется пыль в условиях пневматического транспортирования при одновременной сепарации зерновой массы.

Полирование. В процессе шелушения на поверхности зерновки образуются микронеровности. Пылевидные частицы, оседая на поверхности зерна, проникают в поры оболочки, увеличивая его загрязненность. Если такое зерно отправить в размол, то попавшую в муку пыль не извлечь никакими средствами. Кроме того, пыль закупоривает капилляры оболочки, затрудняя доступ воды в её ткань, и препятствует изменению прочности оболочек перед измельчением.

Для удаления надорванных частиц оболочек и пыли в зерноочистительном отделении мельниц применяют щёточные машины, после интенсивной обработки в которых поверхность зерна становится более гладкой, как бы полированной. Особенно важно использовать полировальные машины при отсутствии моечных машин. Технологический эффект полировальных машин оценивают по количеству получаемых отходов, наличию в них битых зерен, зольности отходов, содержанию в них крахмала и полноценного зерна.

Для уничтожения скрытой заражённости зерна вредителями хлебных запасов используют машины ударного действия – энтолейторы.

Мойка зерна. Позволяет выделить из зерновой массы примеси, отличающиеся плотностью. Используют комбинированные моечные машины, где отделяются камешки, песок, комочки земли, стекло и другие тяжёлые примеси. Одновременно всплывают и удаляются стебли, полова, корзиночки полыни, щуплые и изъеденные зерна основной культуры. Очень эффективно очищается поверхность зерна от пылевидных частиц, особенно из складчатых мест зерна; в отжимной колонке частично отделяются верхние слои плодовой оболочки, а также до 40 % бородки. Велика роль моечной машины при очистке зерновой массы от вредных примесей – головни, спорыньи, полыни и др., наличие которых в сырье влечёт за собой выработку нестандартной муки.

Наибольшее распространение имеют моечные машины, имеющие моечную ванну и отжимную колонку. Параметры процесса определяют исходя из качества поступающего зерна:

– оптимальная температура воды в моечной ванне 30–50 °С. При повышенной температуре капли воды уменьшаются, она плотнее прилипает к поверхности зерновки и зерно более равномерно поглощает влагу;

– в большинстве районов Западной Сибири жесткость воды довольно высока вследствие наличия в ней углекислых, серно-кислых и хлористых солей кальция и магния. Чем выше жёсткость воды, тем хуже вода поглощается оболочками зерна, тем хуже оно очищается. При повышении температуры воды часть солей переходит в нерастворимое состояние и жесткость снижается. В производственных условиях жесткость снижают в специальных установках;

– температура зерна существенно влияет на степень очистки. В зимний период, когда температура зерна около минус 8 °С, даже при использовании горячей воды (30–40 °С) наблюдают ледяную плёнку на зерне в процессе отволаживания. Устраняют эту проблему подогревом зерна в зерносушилках до 15 °С, что позволяет увлажнять зерно даже холодной водой, и это экономически очень эффективно.

Время пребывания зерна в моечной ванне 30–40 с, расход воды около 1200 л/т. При недостаточной очистке сырья

или наличии головни и спорыньи объём воды увеличивают до 2500 л/т.

Влажность зерна после моечной ванны может повышаться на 6–7 %, поэтому если влажность зерна при поступлении в зерноочистительное отделение более 14,5 %, то его не моют, а увлажняют в водораспыливающих машинах.

После моечной ванны масса поступает в отжимную колонку, где зерно, перемещаясь по винтовой траектории, под воздействием центробежной силы отбрасывается к ситовой поверхности цилиндра. В отжимной колонке образуется трёхфазная система: зерно, вода и воздух, которые разделяются при вращении бичевого ротора. Влажность зерна в отжимной колонке уменьшается на 3–4 %. В результате гидромеханического воздействия и обезвоживания зерна в отжимной колонке на поверхности зерна появляются заметные трещины и следы разрывов верхних слоёв оболочки, что облегчает впоследствии процессы шелушения и полирования.

Эффект работы моечной машины оценивают по степени отбора минеральных примесей, очистки от вредных примесей, удаления микроорганизмов; образованию сечки (битых зёрен); количеству плотного остатка, уносимого отработанной водой; наличию запаха в зерновой массе (быть не должно) и степени попадания полноценных зёрен в сточные воды. На крупных мукомольных предприятиях разработаны специальные технологические схемы контроля отходов моечного процесса. Объём снижения массы сухого вещества в моечном процессе колеблется в пределах 0,2–0,3 % от массы зерна, пропущенного через моечную машину.

Установлено, что обсеменённость зерна микроорганизмами после его обработки в моечной машине снижается в 3–4 раза, следовательно, микрофлора зерна переходит в отработанную воду. Для повторного использования воды её тщательно очищают. Вначале её направляют в отстойник, затем фильтруют и осветляют. При значительном обсеменении воду перед повторным использованием обеззараживают.

Увлажнение, кондиционирование и отволаживание. Технологический эффект увлажнения характеризуется показателем

приращения влаги, глубиной и равномерностью проникновения её в зерно. Воздействие на зерно только водой улучшает мукомольные свойства, воздействие водой и теплом повышает мукомольные и хлебопекарные характеристики зерна.

Увлажнение (холодное кондиционирование) усиливает структурные и биохимические изменения в зерне и его частях. Зерно, благодаря капиллярно-пористой структуре оболочек, обладает высокой сорбционной способностью. Различают:

– адсорбцию (уплотнение молекул воды на поверхности зерновки);

– абсорбцию (диффузное проникновение воды вовнутрь зерновки);

– хемосорбцию (поглощение воды, приводящее к химическим изменениям в зерновке);

– капиллярную конденсацию (поглощение воды с образованием конденсата в капиллярах);

– десорбцию (гигроскопичность) – отдачу влаги зерновкой.

Все части зерновки водопроницаемы, но проникает вода внутрь главным образом через зародыш. Семенная оболочка зародыша очень тонкая, а вблизи места прикрепления к колосу еще и прорвана, поэтому вода здесь проникает очень легко. От семенной оболочки по микрокапиллярам вода попадает в зародыш, а из него через алейроновые клетки она может с обеих сторон щитка проникать в эндосперм.

Скорость проникновения воды и водопоглотительная способность зерна зависят от района произрастания, сорта, выполненности и крупности зерновки, исходной влажности, стекловидности и качества белков. Твёрдые и высокостекловидные мягкие пшеницы имеют большую водопоглотительную способность, но скорость поглощения выше у низкостекловидных пшениц примерно в 2 раза. Оболочки зерна твёрдой пшеницы поглощают воду быстрее оболочек мягкой из-за различий в структуре. Оболочки зерновки проводят воду быстрее, чем эндосперм, в связи с большим количеством капилляров. Все эти особенности учитывают при определении продолжительности увлажнения.

Средневзвешенная влажность партии зерна не определяет влажности отдельной зерновки (при средневзвешенной влажности 14 % колебания могут быть от 12 до 34 %). Кроме того, содержание влаги в частях самого зерна также различно. Например, при влажности целого зерна 16,8 % влажность эндосперма составляет 15,6, а оболочек – 28,0 %. Поэтому зерновую массу в процессе увлажнения интенсивно перемешивают.

Машины для увлажнения зерна бывают водоструйные и водораспыливающие. Водоструйные машины подают воду в капельном состоянии, и для равномерного проникновения воды в клетки покрова требуется интенсивное перемешивание зерновой массы. В водораспыливающих машинах плотность покрытия влагой одной зерновки составляет около 1500 капель, и удерживающая способность их значительно выше, чем при обработке струёй воды. Увлажняющие машины применяют как самостоятельно, так и в сочетании с мойкой зерна.

Тепло является катализатором – фактором, ускоряющим все реакции в зерновке, при этом сокращается время проведения процедуры, усиливается эффект набухания.

Увлажнение зерна водой с повышенной температурой (тепловое кондиционирование) способствует расширению капилляров, увеличению трещиноватости, усиливает прочность оболочек, но ослабляет их связь с эндоспермом. Всё это благоприятно воздействует на изменение физико-биохимических свойств зерна в требуемом технологическом направлении. При тепловом кондиционировании увеличивается общий выход муки на 0,8–0,9 %, выход муки высших сортов – на 1,0–1,5, снижается зольность на 0,10–0,15 %. Улучшается цвет муки всех сортов.

В качестве тепловых установок применяют кондиционеры, которые подразделяют на водяные, воздушные, воздушно-водяные, вакуумные, инфракрасные. В качестве теплового фактора могут служить подогретая вода, пар, температура зерна и др.

При обработке зерна в кондиционере первостепенное значение имеет установление в нём оптимального теплового

режима с учётом состояния белково-углеводного комплекса зерна, в частности стекловидности, которая характеризует качество клейковины пшеницы. Учитывают также исходную влажность зерна, определяют продолжительность пребывания его в кондиционере.

При работе с различными партиями зерна, в зависимости от ряда факторов, кондиционирование может применяться неоднократно и его параметры могут существенно различаться.

Предварительное кондиционирование предполагает сочетание гидромеханического и теплового воздействия. Выбор режима предварительного кондиционирования обусловлен видом сырья, исходной влажностью и стекловидностью (табл. 30).

Температура горячего воздуха около 80 °С, температура воды в радиаторах: начальная – до 85 °С, конечная – до 50 °С.

При движении зерна твёрдой пшеницы через зону нагрева постепенно наращивают температуру. Когда обрабатывают мягкие (менее стекловидные) пшеницы, температуру зерна вначале наращивают резко, затем повышение температуры идет замедленно.

Таблица 30

Выбор режима предварительного кондиционирования

Состояние сырья	Исходная влажность,%	Оптимальная температура до кондиционирования зерна, °С	Время нахождения в кондиционере, мин
Пшеница твёрдая	18–20	30–35	60–90
Пшеница мягкая			
1-я гр.стекловидности	18–19	35–40	60–70
2-я гр. стекловидности	17–18	40–50	50–60
3-я гр. стекловидности	16–17	50–55	40–50

При продвижении зерна в кондиционере происходит определённая отдача влаги зерном – от 1,0 до 1,5 %. Более интенсивно влагоотдача наблюдается в первых зонах нагрева, по мере продвижения зерна к охладительной камере она замедляется.

В охладительной камере температура зерна снижается до 16–20 °С.

В некоторых конструкциях кондиционеров зерно обрабатывают паром под давлением (скоростное кондиционирование). Температура зерна в таких установках может повышаться до 50–60 °С.

В результате предварительного кондиционирования зерна на выходе его из аппарата даже визуально наблюдаются физические изменения поверхности зерновки, характеризующиеся нарушением структурной связи между верхними слоями оболочки. Это явление можно рассматривать как предварительную фазу шелушения зерна.

Основное кондиционирование предполагает искусственное воздействие на зерно водой или водой и теплом и последующее отволаживание с учетом условий окружающей среды (времени года). Этот приём позволяет при подготовке зерна на сортовых мельницах направленно изменять физические и биохимические свойства зерна, а в процессе размола свести к минимуму попадание частиц оболочек в муку и эндосперма в отруби.

При обработке увлажнённого зерна водой с температурой 40–45^{0}С наблюдается тепловое уплотнение клейковины, что улучшает хлебопекарные свойства зерна. Особенно велико значение тепловой обработки при кондиционировании зерна со слабой клейковиной. В результате воздействия тепла повышаются упругость клейковины и её растяжимость. На зерно, повреждённое клопом-черепашкой, проросшее и с деградированной клейковиной воздействуют более высокой температурой – до 55–60 °С.

Под влиянием тепла в зонах нагрева кондиционера набухание зерна усиливается, а в охладительной зоне температура верхних слоёв плодовой оболочки резко снижается, т. е. происходит перепад температур с 35–55 °С до 20–22 °С, что вызывает дальнейшее усиление напряжения и ещё большее увеличение трещиноватости поверхности зерновки. Этому сопутствует трение зёрен одно о другое и о рабочие поверхности

аппарата при прохождении массы от входа к выходу, что способствует отделению отслоенных частиц плодовой оболочки.

Велико значение воздушной среды, в которой протекает кондиционирование зерна. В условиях, когда меняется температура воздуха и его относительная влажность, ощущаются колебания в закономерностях, наблюдаемых при тепловой обработке и отволаживании зерна. В теплое время года кондиционирование протекает активнее, поэтому рекомендуется сильнее увлажнять зерно, сокращая при этом период воздействия на него теплом и продолжительность отволаживания.

Для ускорения проникновения влаги в холодное время года зерно подогревают до положительных температур, затем промывают и увлажняют тёплой водой, а после этого подогревают в термических аппаратах.

При проведении основного кондиционирования необходимое количество воды рассчитывают с учётом исходной и технологической влажности зерна.

Отволаживание – это выдерживание зерна после кондиционирования в специальных закромах (фактор времени) с целью перераспределения тепла и влаги внутри отдельных зёрен и в зерновой массе, усиления набухания зерна для физического изменения структурных частей зерновки.

Перераспределение происходит до установления равновесия, продолжительность процесса зависит от стекловидности и исходной влажности зерна, а также способа увлажнения (промывание водой, пар и т.д.), жёсткости и температуры воды.

Тепло в зерне перемещается в направлении потока тепла снаружи. В результате нагрева зерна происходит внешняя диффузия – свободная вода макропор испаряется с поверхности зерновки, в то же время влага из микропор и твёрдого раствора с коллоидами перемещается к поверхности, что обусловливает частичное испарение её внутри зерна, т.е. происходит внутренняя диффузия. Из-за затрат тепла с поверхности зерновки на испарение влаги температура внутри зерна выше, чем в его наружных частях.

Относительное приращение объёма зерна, характеризующее величину набухания, более интенсивно происходит в начальный период. За первые 40 мин объём зерновки увеличивается на 3,5 %, в последующие 80 мин – на 0,6 %.

Общая толщина оболочек при набухании и увеличение полостей между слоями возрастает в зерне мягкой пшеницы на 14–15 %, твёрдой пшеницы – на 5–10, алейроновый слой увеличивается всего на 1–2 %.

При отволаживании изменяется температура зерновой массы. В первые 3 ч пребывания зерна в закромах температура его повышается на 5 °С, после чего приращение температуры замедляется и по истечении 4-го часа прекращается. Дальнейшее пребывание зерна в закромах характеризуется снижением температуры.

Режимы отволаживания подбирают в зависимости от способа и приёмов кондиционирования, типа пшеницы, группы стекловидности, исходной и технологической влажности зерна (табл. 31–34).

Таблица 31

Отволаживание при «холодном» кондиционировании в зависимости от общей стекловидности зерна пшеницы

Тип зерна пшеницы	Основное отволаживание, ч			Дополнительное кондиционирование		Технологическая влажность зерна,%
	60%	60–40%	40%	увлажнение,%	отволаживание, мин	
I	8–15	6–12	3–4	0,3–0,5	20–30	14,5–15,5
II	16–24	-	-	0,5–0,7	30–40	16,0–16,5
III	8–16	6–12	3–4	0,3–0,5	20–30	14,0–15,0
IV	16–20	12–16	6–8	0,4–0,6	20–30	15,0–16,5

Таблица 32

Отволаживание при «горячем» кондиционировании в зависимости от общей стекловидности зерна пшеницы

Тип зерна пшеницы	Продолжительность основного отволаживания, ч		
	60%	60–40%	40%
I	4–8	4–6	2–3
II	8–12	-	-
III	4–8	3–6	2–3
IV	8–10	6–8	3–4

Таблица 33

Отволаживание зерна ржи при подготовке его к сортовым помолам

Исходная влажность, %	Основное отволаживание, ч	Дополнительное отволаживание, мин	Технологическая влажность,%
До 13,5	3–6	15–30	14,0–15,0
13,5	Не проводят	20–30	14,0–15,0

Таблица 34

Режимы скоростного кондиционирования зерна пшеницы

Характеристика клейковины	ПДТ зерна, °С	Экспозиция, мин
Крепкая	50–52	0,3–0,4
Нормальная	53–56	0,5–4,0
Слабая	57–60 и выше	4,0–10,0

Скоростное кондиционирование зерна пшеницы осуществляют, нагревая зерно паром. Параметры процесса подбирают в зависимости от состояния клейковины (см. табл. 34).

Продолжительность отволаживания зерна пшеницы при скоростном кондиционировании:

– твёрдые и высокостекловидные – 5–6 ч;

– среднестекловидные – 3–4 ч;

– низкостекловидные и мучнистые – 1–2 ч.

Для партий пшеницы с крепкой клейковиной рекомендуется щадящий температурный режим или «холодное» кондиционирование.

Переработка зерна в муку. Под ***измельчением*** понимают деление зерна на части различной крупности под действием разрушающих усилий рабочих органов машин. Принцип действия измельчающих машин основан на деформациях сжатия и сдвига (вальцовые станки), удара (дробилки), сжатия и трения (жернова). В современном мукомольном производстве основные измельчающие машины – вальцовые станки различных модификаций и производительности. Некоторые типы дробилок используют на обойных мельницах, некоторые на сортовых – для получения высокобелковой муки. Мельницы,

использующие жернова, встречаются в основном в хозяйствах, занимающихся размолом зерна для собственных нужд и реализации небольших партий муки.

Требования, предъявляемые к процессу измельчения зерна, обусловлены типом помола и заданными показателями качества муки. От эффективности измельчения зависят технико-экономические результаты работы предприятия.

При измельчении *в вальцовом станке* продукт захватывается цилиндрическими вальцами и подвергается разрушению в рабочей зоне.

В вальцовом станке установлены два параллельно работающих чугунных вальца, вращающихся навстречу друг другу с различной скоростью. Диаметр вальцов определяется требуемой степенью измельчения и может изменяться от 190 до 350 мм. Окружная скорость верхних быстровращающихся вальцов 4–6 м/с в зависимости от места нахождения станка в системе. Скорость медленновращающегося вальца (нижнего) определяют по *отношению скоростей* (К), которое для драных систем при сортовых помолах пшеницы составляет 2,5; для шлифовочных –1,25–1,5; размольных систем – 1,5; при обойных помолах ржи и пшеницы – 2,5–3,0.

Наружная поверхность вальца может быть рифлёной или микрошероховатой, что определяется местом нахождения станка в системе процесса и требованиями к конечному продукту. Форма и количество рифлей влияют на интенсивность измельчения и качество получаемых продуктов. Рифли нарезаются на поверхности вальца под разными углами наклона в соответствии с технологическими задачами, количество рифлей подбирают с таким расчётом, чтобы диаметр поступающих в станок частиц был больше величины шага рифлей (мм). При наличии в драном процессе 6–7 систем количество рифлей на каждую последующую систему увеличивают постепенно. Рифли наносят на поверхность вальца по винтовой линии под некоторым углом.

Измельчение в машинах *ударно-истирающего действия* происходит в результате многократных ударов молотков – ос-

новных рабочих органов – по зерну и зерна по неподвижному стальному штампованному ситу (деке), изогнутому по окружности под определённым углом. Для достижения требующейся степени измельчения необходимо обеспечить постоянное число оборотов (окружную скорость) молоткового ротора, выбалансированность ротора, удаление скапливающегося в циклонах продукта, постоянную загрузку машины зерном. Тонкую муку получают проходом через сита с отверстиями 1,5 мм, крупную – через сито с отверстиями больше 2,0 мм.

Сложный сортовой помол состоит из простых процессов: драного, обогащения, шлифовочного, размольного, формирования сортов муки и её контроля. Все процессы сортового помола сопровождаются сортированием (просеиванием) промежуточных продуктов.

Анатомия и механические свойства зерна и его частей не позволяют отделить эндосперм от оболочек при однократном измельчении и просеивании. Эту задачу решают путём многократного проведения операций, позволяющих отбирать промежуточные продукты с учётом их размеров и качества.

Процесс, при котором зерно постепенно разворачивается и из него выкрашиваются крупки, состоящие из эндосперма со сросшимися оболочками, а эндосперм частично измельчается до состояния муки, называют драным. В этом процессе участвуют несколько (чаще 4–6) систем вальцовых станков (1-я драная, 2-я драная и т.д.). У продуктов, выходящих после каждой драной системы, разные размеры частиц, неодинаковое содержание эндосперма. В процессе размола получают следующие классы продуктов: муку, дунсты (жёсткий и мягкий) и крупки (передирная, крупная, средняя, мелкая). Частицы этих продуктов отличаются размерами, формой, макро- и микрорельефом поверхности и зольностью. Размер крупок колеблется от 315 до 1000 мкм, размер частиц дунста – от 160 до 315 мкм (табл. 1 прил. 12).

Смесь крупок содержит частицы, состоящие из чистого эндосперма, сростков эндосперма с оболочками и частиц оболочек. При размоле такой смеси оболочки измельчаются и, попадая в муку, повышают её зольность и снижают товар-

ную ценность. Для увеличения выхода муки высоких сортов и улучшения качества всей вырабатываемой муки проводят *обогащение* крупок – отбор максимального количества крупок и дунстов лучшего качества путём выделения в ситовеечных машинах частиц свободных оболочек из исходного продукта. Рабочий процесс в ситовеечных машинах происходит в результате перемещения массы продукта по наклонным ситам (1–3°), совершающим возвратно-поступательные движения и обдуваемым потоками восходящего воздуха. Сила давления воздушного потока направлена противоположно силе тяжести частиц продукта. Аэродинамические свойства, определяющие поведение частицы в воздушном потоке при её движении, различны и зависят от геометрической формы, крупности, состояния её поверхности, площади сечения. Частицы с большим содержанием эндосперма преодолевают сопротивление потока воздуха и проходят через отверстия сита (проход), частицы с меньшей скоростью витания не могут преодолеть силу воздушного потока и остаются на сите, образуя сход. Частицы с наименьшей скоростью витания уносятся воздушным потоком в аспирационные камеры. Роль воздуха не ограничивается только уносом им свободных частиц оболочек, он создаёт благоприятные условия для самосортирования смеси на сите, при котором достигается наибольший выход и лучшее качество обогащаемого продукта.

На одном из этапов ситовеечного процесса среднюю крупку не домалывают, а направляют в склад готовой продукции как *манную крупу*. Выход манной крупы составляет 2–3 %.

Эффект обогащения в ситовеечных машинах определяется однородностью поступающей смеси крупок, равномерностью её подачи в машину, правильностью подбора и установки сит, их состоянием, числом колебаний сита и его наклоном, величиной удельной подачи воздуха, степенью самосортирования смеси крупок, степенью очистки отверстий сит. Технологический эффект работы ситовеечных машин определяется двумя показателями: степенью снижения зольности и количеством обогащенных крупок (табл. 35).

Таблица 35

Ориентировочные показатели, характеризующие технологический эффект обогащения крупок и дунста

Продукт	Технологический эффект, %	
	выход	снижение зольности
Крупная крупка		
1-го качества	70–75	35–40
2-го качества	30–35	65–70
Средняя крупка		
1-го качества	75–80	25–35
2-го качества	45–60	50–55
Мелкая крупка		
1-го качества	80–85	20–25
2-го качества	40–45	40–50
Жесткий дунст	90–95	20–25

Крупки с частицами оболочек направляют в шлифовочные вальцовые станки, в которых используются вальцы без рифлей. Процесс освобождения крупок от связанных с ними частиц оболочек в результате механического воздействия вальцов называют *шлифовочным*. Режим работы шлифовочных систем должен обеспечить наиболее полное отделение оболочек от крупок с наименьшим дроблением последних и с минимальным образованием муки.

Для достижения этих результатов необходимо направлять на шлифовочные системы однородные по крупности и зольности продукты; правильно устанавливать параметры работы вальцов, схемы рассевов и нумерацию сит в них; устанавливать зазор между вальцами так, чтобы он был практически равен размеру шлифуемых крупок.

При сортовых помолах пшеницы в зависимости от типоразмеров вальцовых станков и ассортимента продукции применяют различное количество шлифовочных систем. Шлифовочный процесс считается эффективным, если в результате получено максимальное количество крупок и дунстов, свободных от частиц оболочек. Количество извлечённой муки должно быть в пределах 8–16 %.

Крупки и дунсты после отделения муки снова направляют в вальцовые станки, где их домалывают, а затем просеивают. Этот процесс называют размольным. В размольном процессе добиваются измельчения обогащённых и необогащённых крупок, дунстов и других промежуточных продуктов в муку заданного ассортимента и качества. В процессе размола необходимо добиваться, чтобы на каждой системе извлекалось максимальное количество муки высокого качества при оптимальных удельных нагрузках на технологические машины. Выбор числа размольных систем определяется прочностью измельчаемых продуктов, производительностью мельницы, количеством и типоразмером вальцовых станков, а также степенью развития драного, ситовеечного и шлифовочного процессов. Число размольных систем для крупных предприятий 11–12, для предприятий с небольшой производительностью – существенно меньше.

На выход муки значительное влияние оказывает состояние поверхности вальцов размольных систем. В размольных системах рекомендуют устанавливать вальцы с микрошероховатой поверхностью, которые в меньшей степени измельчают оболочки. Но так как эффективность размола при этом будет ниже, после таких вальцов следует устанавливать дополнительные измельчающие машины – энтолейторы и деташеры. Можно на размольных системах устанавливать и нарезные вальцы с плотностью нарезки 10–12 рифлей на 1 см и отношением скоростей вальцов 1,5–2,0: 1.

Очень важно правильно выбрать режим работы размольных систем: рассчитать механико-кинематические параметры рабочих органов вальцовых станков; величину зазора между вальцами; определить схему движения продуктов в рассевах и нумерацию сит на каждой системе; обеспечить непрерывное и равномерное питание вальцов продуктом по всей длине.

Чем лучше по крупности и качеству сгруппированы продукты, направляемые на отдельные системы, тем большее количество муки лучшего качества будет получено.

В размольном процессе может быть предусмотрен отбор зародышей. Химический состав и пищевая ценность зароды-

шей пшеницы позволяют использовать их для изготовления лечебных препаратов и высокопитательных концентратов. При подготовке зерна к помолу зародыши почти не отделяются и поступают в помол. Максимальное количество зародышей содержится в передирной крупке, отбираемой с первых трёх драных систем. В большинстве случаев они сохранены в целом виде и отделены от частиц измельчённых крупок. Для выделения зародышей объединяют первые сходы шлифовочных и ситовеечных систем, обрабатывающих передирную и крупную крупки, и из этих продуктов получают зародыши с чистотой около 70 %. Выделенные зародыши направляют на зародышевые системы, где они сплющиваются и поступают в ситовеечную систему. После воздействия вальцов второй зародышевой системы продукт снова поступает в ситовеечную машину, сход с которой направляется в рассев, и после этого получают зародышевые хлопья.

Сортирование (просеивание) смесей частиц измельчённого зерна проводят после каждого прохода продукта через измельчающие машины. Полученная после измельчения смесь содержит частицы, различающиеся геометрическими признаками, физическими свойствами и технологическими показателями.

Для разделения продуктов размола по размерам частиц их направляют в просеивающие машины (*рассев*). Каждый рассев представляет собой шкаф, разделённый на четыре или шесть секций. Секция состоит из набора ситовых рам и сборных днищ. Каждая секция оборудована каналами для выпуска продукции. Сита изготавливают из металлической проволоки и шёлковых нитей (натуральных или синтетических). Преимущество натуральных шёлковых сит в том, что они не воспринимают тепло, выделяемое продуктами размола, однако они обладают высокой гигроскопичностью, что вызывает увеличение толщины нитей и снижение скорости просеивания. Синтетические сита нечувствительны к влаге и температуре, устойчивы к истиранию, вредителям и микроорганизмам. Для характеристики сит используют понятия: живое сечение и номер сита. Коэффициентом живого сечения сит называется от-

ношение площади всех отверстий сита ко всей площади сита. Номер проволочных сит соответствует размеру стороны квадратного отверстия сита. Номер шелкового сита определяют по числу ячеек на 10 мм длины сита.

На эффективность просеивания продуктов оказывают влияние состояние поверхности и живое сечение сит, скорость подачи продукта и относительная скорость движения продукта по ситу, самосортирование продукта, производительность сита (нагрузка на него), степень очистки сит, работа аспирации.

При просеивании отдельные частицы продукта застревают в отверстиях сита, поэтому их постоянно очищают различными устройствами. От надёжности работы очищающих устройств во многом зависит технологический эффект работы рассева. Эффект просеивания в рассевах характеризуется коэффициентами извлечения и недосева. *Коэффициентом извлечения* называют отношение количества проходовых частиц, полученных через данное сито, к количеству проходовых частиц, находящихся в исходной смеси. Коэффициент недосева – это отношение количества проходовых частиц, содержащихся в сходе, к количеству проходовых частиц, содержащихся в исходной смеси. Недосев подсчитывают в процентах к навеске продукта и, в зависимости от места нахождения рассева, он может быть от 5–10 % в верхних сходах драных систем до 10–20 % в дунстах, поступающих с различных систем.

При значительном повышении нагрузки на сита, большой скорости подачи продукта и недостаточном его расслоении, плохой работе щёток увеличиваются недосевы, а коэффициент извлечения проходового продукта падает.

Поступающие в рассев продукты в зависимости от вида транспорта имеют температуру 20–40 °С, а на вымольных системах 40–70 °С. При движении по ситам продукты размола выделяют пары воды, которые, соприкасаясь с холодными стенками ситовых рам, конденсируются и вызывают клейстеризацию мучных сит. Клейстеризация может привести к закупориванию части отверстий, а иногда и всего сита. При просеивании сухих и тонкоизмельчённых продуктов выделяется

большое количество пыли, которая через неплотности рассева может проникать в производственные помещения. По указанным причинам продукты охлаждают, а рассевы обеспыливают аспирацией. Расход воздуха на 1 $м^2$ просеивающей поверхности составляет 0,45–0,55 $м^3$/мин. Скорость движения воздушного потока при входе в аспирирующий трубопровод около 2,5 м/с. При большей скорости воздушного потока возможен унос продукта в воздухопровод.

Формирование сортов муки и её контроль. Потоки муки, получаемые после каждого просеивания измельчённого продукта, отличаются показателями зольности, клейковины, крупности и цвета. Чтобы вырабатывать продукцию с устойчивыми показателями качества, необходимо правильно формировать сорта муки из отдельных потоков с учётом всех показателей. Количество сортов муки определяется типом помола.

Зольность муки зависит от зольности эндосперма и наличия в ней частиц оболочек и алейронового слоя. Чем больше в ней оболочек и частиц измельчённого алейронового слоя, тем выше зольность муки. Такая ситуация наблюдается при малой прочности оболочек и неудовлетворительном кондиционировании зерна. Хлеб из муки, содержащей большое количество оболочек, темнее, чем хлеб, выпеченный из муки с меньшим содержанием оболочек. Поэтому в зависимости от их содержания потоки муки направляют в соответствующий сорт (табл. 2 прил. 12).

Крупность муки играет важную роль в хлебопечении. С повышением степени измельчения эндосперма более интенсивно повреждаются крахмальные зёрна, что отрицательно сказывается на сбраживании в процессе приготовления теста и на объёмном выходе хлеба. В муке, неоднородной по размерам частиц, более крупные частицы медленнее поглощают воду, и брожение теста протекает неравномерно. Тонкие частицы муки обладают высокой водопоглотительной способностью, белково-клейковинные вещества таких частиц набухают быстрее, и тесто может перекисать. Показатели крупности и однородности муки каждого сорта должны обеспечивать ее высокие хлебопекарные достоинства.

Содержание и качество клейковины в муке в значительной степени определяют хлебопекарные достоинства перерабатываемой партии. Из муки со светлой, упругой, эластичной и растяжимой клейковиной получается хороший хлеб, хлеб пониженного качества – из муки с неэластичной, крошащейся, короткорвущейся клейковиной. Особенно плохой хлеб получается из муки с липкой и расплывающейся клейковиной. При одинаковых физических свойствах клейковины хлебопекарные качества муки будут тем лучше, чем больше её содержание (см. табл. 2 прил. 12).

Цвет муки зависит от содержания в ней частиц оболочек, цвета эндосперма и оболочек, крупности и однородности частиц, составляющих массу муки. С увеличением содержания частиц оболочек мука приобретает кремовато-жёлтый оттенок, мука с меньшим содержанием оболочек светлее и имеет большую потребительскую ценность. Тонкая мука имеет белый цвет; мука, состоящая из более крупных частиц – белый цвет с сероватым оттенком. Цвет муки определяет цвет хлеба.

Потоки муки с различных систем группируют в три сорта по близким показателям качества.

Сформированные сорта муки могут содержать различные примеси и не всегда достаточно однородны. Поэтому в конце схемы движения мучных потоков предусмотрен контроль муки. Для контроля муку с основных систем направляют на контрольные рассевы, где потоки муки не только перемещаются, но и перемешиваются. В рассевах из муки выделяют частицы, не соответствующие требованиям по крупности, предъявляемым к данному сорту. В результате этой операции мука выравнивается по крупности и качеству, разрыхляется и охлаждается. Число контрольных систем должно соответствовать количеству вырабатываемых сортов муки.

После контроля муку по сортам направляют на магнитные сепараторы для отделения металломагнитных примесей.

Для повышения питательной ценности в муку высшего и первого сортов добавляют витамины B_1, B_2 и РР. Количество

добавляемых витаминов устанавливают после определения их естественного содержания в образце.

Готовую муку направляют в склад для бестарного хранения, упаковывают в мешки или бумажные пакеты.

Хранение муки. При хранении мука является менее стойким продуктом в сравнении с зерном, так как нарушена его защитная оболочка, раздроблена внутренняя структура зерновки, в ней происходят разнообразные процессы, которые обусловлены влиянием температуры и влажности воздуха, содержанием в нем кислорода. При хранении муки могут активно проходить различные процессы: созревание, перезревание, порча муки.

Созревание муки – улучшение её хлебопекарных свойств при хранении в результате ферментативных процессов, которые вызывают гидролиз жира, а образующиеся непредельные жирные кислоты изменяют коллоидные свойства клейковины. В результате окисления каротина происходит побеление муки. Созревание интенсивнее проходит в начальный период хранения муки при температуре 20–30 °С, замедляется при понижении температуры и почти не наблюдается при 0 °С.

Длительное хранение муки при температуре 20–30 °С приводит к ***перезреванию муки***, в результате ухудшаются свойства клейковины и уменьшается объёмный выход хлеба. Продолжительное хранение муки при повышенной температуре (25–35 °С) способствует разложению и окислению жиров, мука приобретает горький вкус и запах, которые передаются хлебу.

Большое значение на результат хранения муки оказывает обсеменённость её микроорганизмами: в зависимости от сорта мука содержит их от 15% у высшего до 56% у муки 2-го сорта (по отношению к их числу на зерне, поступившем на переработку). В муке стандартной влажности при хранении её в нормальных условиях, по мнению Н. Н. Наплёковой, микроорганизмы не развиваются и даже постепенно отмирают. Но при незначительном повышении влажности (на 1–2%) число бактерий и плесневых грибов в продукте быстро возрастает,

и в зависимости от того, какая группа микроорганизмов более активно развивается, возникает тот или иной вид ***порчи муки***: плесневение, самосогревание, прокисание, прогоркание.

Плесневение – наиболее распространённый порок муки при хранении, вызываемый плесневыми грибами родов *Aspergillus, Penicillium.* Плесневение муки начинается при относительной влажности воздуха выше 70%. Резкое повышение влажности воздуха приводит к увлажнению мешковины и прилегающего слоя муки, которая быстро плесневеет. Плесневение может распространяться и на внутренние слои муки в мешке, повышая её кислотность, ухудшая качество клейковины, которая становится менее эластичной, тёмной и плохо отмывается. Заплесневелая мука приобретает неустранимый затхлый запах.

В свежевыработанной муке интенсивно происходит газообмен, сопровождающийся выделением тепловой энергии, которая стимулирует активное развитие микрофлоры. Жизнедеятельность микроорганизмов также сопровождается выделением тепла, и в итоге температура муки во внутренних участках мешка может достигать 50–55 °С. Повышение температуры муки *(самосогревание*) отрицательно влияет на качество клейковины, её хлебопекарные свойства.

Плесневение и самосогревание муки приводят к потере её сыпучести, превращению массы в прочные комки или даже монолит.

Возбудителями процесса *прокисания муки* являются кислотообразующие бактерии, которые питаются сахарами муки и выделяют летучие кислоты. Эти кислоты обусловливают специфические запах и вкус. Одновременно могут развиваться крахмалоразлагающие бактерии, которые в том или ином количестве обычно содержатся в муке. При разложении крахмала образуются сахара, которые также используются кислотообразующими бактериями. Прокисание обычно начинается во внутренних слоях муки, а затем распространяется по всей массе.

Довольно распространённым пороком муки является её прогоркание, причиной которого является окисление жиров муки кислородом воздуха. Прогоркание муки связано с гидро-

лизом жиров липазами, содержащимися в клетках плесневых грибов и бактерий. Образовавшиеся свободные жирные кислоты и другие продукты распада придают муке неприятный запах и горький вкус.

Для хранения партий муки, различающихся по качеству, рекомендуются различные сроки и условия хранения. Муку из сильной пшеницы хранят ограниченный срок и при низких температурах. Муку из слабой пшеницы целесообразно хранить на складе мукомольного предприятия при повышенной температуре и более длительный срок.

Для предотвращения развития пороков муки необходимо соблюдать правила хранения, не допуская повышения её влажности и колебаний температуры воздуха. Оптимальная относительная влажность воздуха не выше 79 %.

В ржаной муке процессы созревания выражены слабо, хлебопекарные свойства при хранении практически не улучшаются, поэтому длительное хранение ржаной муки на складе мельзавода не требуется.

При необходимости создавать запас муки на несколько месяцев для её хранения выделяют сухой, хорошо продезинфицированный склад. Муку в мешках укладывают в штабеля высотой 6–8 мешков на деревянном подтоварнике. В складе поддерживают максимально низкую температуру, через несколько месяцев хранения мешки перекладывают: верхние – вниз, нижние – наверх. Перемещение мешков предупреждает слёживание продукта. При неравномерном обогреве или охлаждении мешков с хранящейся мукой в ней могут появиться активные микробиологические очаги и начаться самосогревание. Мука прокисает, плесневеет и становится непригодной для хлебопечения.

Большой вред муке могут нанести вредители хлебных запасов. За хранящимися партиями ведут постоянное наблюдение, отслеживая возможное появление вредителей. При обнаружении личинок, куколок или взрослых особей вредителей решают вопрос об их уничтожении и возможности использования данной партии муки.

Контрольные вопросы

1. Этапы и основные операции мукомольного процесса.
2. Что лежит в основе работы зерноочистительных машин?
3. Расскажите о работе воздушно-решётных машин, триеров, пневмосепараторов.
4. Для чего применяют шелушение зерна?
5. Что такое полирование зерна и зачем его проводят?
6. Мойка зерна. Значение температуры и жесткости воды при мойке.
7. Зачем проводят кондиционирование зерна?
8. От чего зависит выбор режима кондиционирования зерна?
9. Задачи и режимы отволаживания зерна.
10. В каких ситуациях применяют увлажнение зерна?
11. Что такое выход и сорт муки?
12. Типы и виды помолов.
13. Что понимают под измельчением зерна?
14. Устройство и принцип работы вальцового станка.
15. Процессы сложного сортового помола.
16. Что такое драный процесс? Продукты этого процесса.
17. Для чего и как проводят обогащение крупок и дунстов?
18. Шлифовочный процесс.
19. Значение сортирования в мукомольном производстве, принцип работы рассевов.
20. Основные виды сит, применяемых в рассевах.
21. Для чего проводят формирование партий и контроль муки?
22. Как организуют хранение муки? Приёмы ухода при длительном хранении муки.
23. Как выявить и устранить пороки муки, возникающие при хранении?

14. ХЛЕБОПЕКАРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Пищевая ценность хлеба. «Давно замечено, что мы не обращаем внимания на самые замечательные факты только потому, что они слишком обыкновенны. Многим ли, действительно, приходила в голову мысль, что ломоть хорошо испечённого пшеничного хлеба составляет одно из величайших изобретений человеческого ума», – К. А. Тимирязев.

Научные исследования в области хлебопечения и пищевой ценности хлеба проводятся более полутора веков и немалый вклад в эти исследования внесли русские учёные А. П. Доброславин, Ф. Ф. Эрисман, А. Н. Бах, А. И. Опарин и многие другие.

Во многих странах мира хлеб является основным продуктом питания, потребляемым ежедневно. За свою жизнь среднестатистический человек съедает около 15 т хлеба, потребляя основную его часть вместе с другими продуктами.

Хлеб – полезный биологический продукт, который содержит большое количество веществ, необходимых для организма человека. Это белки и белковые соединения, высокомолекулярные жиры, крахмал, сахара, а также витамины (прил. 13). Особенно много в хлебе витаминов группы В, которые необходимы для нормального функционирования нервной системы человека. Не все вещества, содержащиеся в хлебе, усваиваются организмом человека одинаково хорошо, есть вещества, которые плохо или совсем не усваиваются, но способствуют лучшему пищеварению.

Энергетическая ценность любого пищевого продукта – это показатель, определяющий количество энергии, освобождающейся в результате биологического окисления химических соединений, входящих в состав данного продукта.

Энергетическая ценность рассчитывается на 100 г пищевого продукта и выражается в килокалориях. Таблица из прил. 13 позволяет сравнить пищевую и энергетическую ценность хлеба из ржаной и пшеничной муки.

В настоящее время наука и производство интенсивно работают над повышением пищевой ценности хлеба и бу-

лочных изделий и осуществляют эту работу по четырём направлениям:

– создание способов производства хлеба из целого зерна; выработка тонкодиспергированной муки из целого зерна;

– использование полезных пищевых добавок (молоко натуральное и сухое, молочная пахта и сыворотка, соевая и гороховая мука);

– получение новых хлебных продуктов из нетрадиционного сырья (картофельный и кукурузный крахмал и др.);

– создание специализированных диетических изделий с заданной пищевой ценностью и определённым химическим составом для людей, страдающих различными заболеваниями.

На *усвояемость* хлеба оказывают существенное влияние его физические свойства, в частности структура пористости мякиша. Чем больше объём хлеба и пористее его структура, тем он лучше пропитывается пищеварительными соками и лучше усваивается организмом. Наукой (П. Ф. Воронин) доказано, что имеется прямая зависимость между пористостью хлеба и его перевариваемостью ферментами пищеварительного тракта. Объём хлеба и структура пористости мякиша зависят от двух групп факторов: газообразующей способности муки и теста; газоудерживающей способности теста.

Газообразующая способность зависит от жизнеспособности дрожжевых грибков и их активности, а также количества сахаров, имеющихся в муке и тесте.

Газоудерживающая способность теста зависит от свойства содержащихся в тесте белков, от количества и качества белков клейковины.

Промышленная обработка зерна на мельнице приводит к тому, что мука высших сортов – продукт, наиболее ценный в обыденной жизни и торговой практике, – с точки зрения её пищевой ценности значительно менее полноценна, чем зерно, из которого она была получена. Проведённые многочисленные исследования по повышению пищевой ценности хлеба предлагают различные методы решения данного вопроса.

Сравнение содержания отдельных аминокислот в белке изделий из пшеничной муки 1-го сорта с аминокислотной

формулой сбалансированного питания показало, что имеется значительная диспропорция по содержанию незаменимых аминокислот. Так, если количество валина достигает 142%, фенилаланина – 221% по отношению к оптимальному, а содержание лейцина, изолейцина и треонина близко к норме, то количество триптофана, лизина и метионина составляет 54,0; 56,5 и 65,0% нормы. Современные технологии приготовления хлеба предусматривают приёмы повышения содержания незаменимых аминокислот путём введения натуральных продуктов, богатых белком, либо путём добавления в процессе приготовления хлеба концентратов или чистых препаратов.

Использование клейковины в хлебопечении известно с начала XX столетия. Высушенная в вакууме или барабанной сушилке и размолотая клейковина повышает содержание белка в хлебе, улучшает его аромат, но при этом снижается качество хлеба из-за денатурации клейковины в процессе сушки. Более перспективна для использования в хлебопечении сухая, не денатурированная клейковина.

Чем выше сорт муки, тем меньше в ней периферических частей зерна, и тем беднее она витаминами. Однако очень важно кроме сорта муки учитывать её выход, так как при современных системах помола мука одного и того же сорта может быть взята из различных частей зерна и выпущена с различным выходом, а соответственно и различаться по содержанию витаминов. Наибольший интерес представляет обогащение муки зародышами со щитком. Опыты показывают, что при добавлении к пшеничной муке 1-го сорта 25% муки из пшеничных зародышей содержание белка в хлебе может быть увеличено почти вдвое, при этом значительно повышается содержание тиамина и рибофлавина.

Наличие в муке пшеничных зародышей обеспечивает тесту равномерное распределение пор, пластичность и удобство для механической обработки, выпеченному хлебу – приятный цвет, улучшает его вкусовые качества, повышает сохранность.

П.П. Тарутиным разработана детальная технологическая схема помола пшеницы, обеспечивающая попадание зароды-

шей и щитков в муку. Основные изменения в технологической схеме помола для максимального включения зародышей и щитков в муку 85 %-го выхода сводятся к следующему:

– уменьшение влажности пшеницы, поступающей на помол, на 1,5–2,0 %;

– увеличение выходов муки на первой и второй драных системах;

– тщательная очистка отрубей на последних драных системах;

– увеличение скорости подачи продукта на первые размольные системы;

– применение рифлёных вальцов в некоторых размольных системах.

Существенным источником витаминов в хлебе служат дрожжи и закваски. Пекарские дрожжи по сравнению с зерном и мукой содержат значительно большее количество витаминов B_1, B_2 и никотиновой кислоты. Кроме содержания витаминов в исходном сырье (мука, дрожжи, закваска), важным фактором является их разрушение в условиях выпечки и при хранении. Установлено, что в хлебе, приготовленном на прессованных или жидких дрожжах, в котором pH обычно колеблется около 5,7, происходит небольшое разрушение витамина B_1, но в мучных изделиях, приготовляемых на химических щелочных разрыхлителях (соде и углекислом аммонии), большая часть витамина B_1 разрушается. При длительном (несколько суток) хранении хлеба, даже в специальной упаковке, наблюдается значительное снижение содержания витаминов.

Содержание всех макро- и микроэлементов в процессе помола зерна существенно снижается. С точки зрения мукомола низкое содержание в муке минеральных веществ – признак муки высшего и 1-го сорта, но с точки зрения пищевой полезности – это признак менее полноценного продукта.

Количество минеральных веществ в хлебе наиболее высоко, если при его приготовлении использовалась мука из цельного зерна или если при замесе теста было произведено его обогащение за счёт дополнительных ингредиентов.

В табл. 36 приведены данные, характеризующие покрытие суточной потребности человека в отдельных минеральных веществах при потреблении 500 г хлеба.

Таблица 36

Покрытие потребности человека в отдельных минеральных веществах при потреблении 500 г хлебобулочных изделий

Хлеб	Покрытие потребности, %			
	Ca	P	Mg	Fe
Формовой из ржаной обойной муки	20,0	56,3	49,3	70,0
Формовой из пшеничной обойной муки	16,9	60,6	48,6	70,0
Формовой из пшеничной муки 2-го сорта	15,0	51,2	31,4	56,7
Формовой из пшеничной муки 1-го сорта	12,5	30,9	21,4	46,7
Батоны из пшеничной муки 1-го сорта	13,1	32,5	22,8	50,0
Городские булки из пшеничной муки 1-го сорта	13,1	32,1	22,1	50,0

Можно отметить, что во всех видах хлебных изделий недостаточно кальция. Восполнить его дефицит можно обогащением хлебобулочных изделий обезжиренным молоком – натуральным продуктом, содержащим многие минеральные вещества, витамины и белки.

В настоящее время хлебопекарная промышленность производит около 800 наименований хлебобулочных изделий. *Хлебом* называют изделия массой более 500 г, *булочными* называют изделия, массой 500 г и менее, выпекаемые из пшеничной муки, изделия массой 200 г и менее называют *мелкоштучными*. Булочные и мелкоштучные изделия представлены различными батонами, булками городскими, сайками, сдобными и бараночными изделиями, гренками, сухарями, хрустящими хлебцами, пирогами и пирожками, пончиками и др.

В зависимости от взятой для выпечки муки различают следующие виды хлебных изделий: ржаные, ржано-пшеничные, пшенично-ржаные, пшеничные. По рецептуре хлеб бывает простым (выпеченным из основного сырья) и улучшенным (с добавлением молока или молочных продуктов, сахара,

жира, пряностей и т.д.). По способу выпечки хлеб подразделяют на формовой (выпеченный в специальных ёмкостях – формах) и подовый (выпеченный на листах или поду печи). По назначению хлебобулочные изделия подразделяют на обыкновенные и диетические.

Ржаной хлеб выпекают из обойной, обдирной и сеяной муки. Ржаной улучшенный хлеб готовят на заварках с добавлением солода, патоки, сахара, пряностей.

Ржано-пшеничный и пшенично-ржаной хлеб получают из смеси ржаной и пшеничной муки в различных соотношения согласно рецептуре. Добавление пшеничной муки способствует улучшению структурно-механических свойств теста и увеличивает пористость хлеба. Украинский хлеб и Украинский новый выпекают из обдирной ржаной, пшеничной обойной и 2-го сорта, хлеб Столичный – из ржаной обдирной и пшеничной 2-го сорта в соотношении 50:50, Российский – в соотношении 70:30. К улучшенным сортам этой группы относят хлеб Бородинский (в тесто вводят красный ржаной солод, патоку, сахар, кориандр) и хлеб Рижский (из муки ржаной сеяной – 85% и пшеничной 2-го сорта с добавлением тмина, белого солода, сахара и патоки).

Простой пшеничный хлеб вырабатывают из муки 1-го, 2-го сортов и обойной, выпекают формовым и подовым. *Улучшенный пшеничный хлеб* производят из муки высшего, 1-го и 2-го сортов с добавлением сахара и маргарина (2–7%).

В *сдобные изделия* добавляют большое количество (более 7%) жира и сахара, яйца, молоко, орехи, изюм, повидло, помадку и др.

Диетические хлебобулочные изделия предназначены для питания больных и лиц пожилого возраста. В зависимости от рецептуры их делят на изделия с пониженным содержанием белка, углеводов, кислотности; с повышенным содержанием балластных веществ, лецитина, йода; бессолевые изделия.

В последние годы расширяется ассортимент изделий с различными добавками в виде отрубей, зародышевых хлопьев, целого зерна, биологически активных добавок, микро-

кристаллической целлюлозы, бета-каротина, кальция, ягодных порошков и т. д.

Бараночные изделия вырабатывают из муки высшего и 1-го сортов, выпускают их простыми и сдобными.

Сухарные изделия имеют низкую влажность, что позволяет использовать их как хлебные консервы. Вырабатывают сухари как из ржаного и пшеничного хлеба, так и из ржано-пшеничного.

Ассортимент *хрустящих хлебцов* ограничен. Выпекают их из дрожжевого теста, приготовленного безопарным способом.

Разработка новой продукции ведется в соответствии с ГОСТ «Хлеб и хлебобулочные изделия. Система разработки и постановки продукции на производство».

Технологический процесс производства хлеба (прил. 14) и булочных изделий состоит из следующих этапов:

– приём и хранение сырья;

– подготовка сырья к пуску в производство, его дозирование;

– приготовление теста;

– разделка и расстойка теста;

– выпечка;

– хранение выпеченных изделий и отправка их в торговые сети.

Приём, хранение и подготовка хлебопекарного сырья. Приём, хранение и порядок подготовки сырья к пуску в производство должны осуществляться в соответствии с «Правилами организации и ведения технологического процесса на хлебопекарных предприятиях».

Сырьё, поступающее на предприятия партиями, должно соответствовать нормативной документации и сопровождаться удостоверением качества с указанием соответствия нормам безопасности. Импортное сырьё должно отвечать требованиям действующих нормативных документов и СанПиН на идентичное российское сырьё и сопровождаться санитарно-эпидемиологическим заключением.

Используемое в хлебопечении сырьё делят на основное и дополнительное. К основному сырью относят муку, воду, разрыхлители (дрожжи, закваски или химические вещества),

соль. В качестве дополнительного сырья в хлебопекарном производстве используют зерновые продукты, сахар, молоко, жиры, патоку, яйца, витамины, изюм, цукаты, орехи, семена эфирно-масличных растений, корицу, ваниль, ванилин, шафран. В последние годы для повышения питательности хлеба и улучшения вкуса как дополнительное сырьё изучают овощные и фруктовые соки, жом, лекарственные и дикорастущие растения в зелёном или высушенном виде. В опытах, проведённых на кафедре прогрессивных технологий в сельскохозяйственном производстве НГАУ (З. М. Медведева, неопубликованные данные), хорошие результаты были получены при использовании в качестве дополнительного сырья препаратов из сушёного зелёного лука и чабера.

Сырьё, как основное, так и дополнительное, доставляемое в таре, подлежит обязательному досмотру сотрудниками производственно-технологической лаборатории предприятия. От каждой партии принимаемого сырья, в первую очередь муки и дрожжей, отбирают пробы для установления хлебопекарных свойств. Тщательно осматривают упаковку и маркировку сырья и проверяют её соответствие нормативной документации. При обнаружении повреждений на упаковке подсчитывают их количество. В местах повреждений отбирают точечные пробы и составляют среднюю пробу для анализа.

В соответствии с требованиями СанПиН 2.3.4.545–96 муку хранят отдельно от всех видов сырья. На хлебопекарных предприятиях возможно хранение муки бестарным и тарным способами. Первый предполагает хранение муки в течение 7 дней в специальных бункерах, размещённых в складах открытого типа непосредственно на заводском участке или в закрытых складах, размещённых в отдельно стоящем здании. Транспортирование муки в цеха основного производства осуществляется воздушным потоком, что способствует ускорению послепомольного созревания и благоприятно сказывается на качестве пшеничной муки.

При хранении муки в таре мучной склад должен быть сухим, чистым, отапливаемым, с хорошей вентиляцией; пол –

плотным, без щелей, зацементированным или заасфальтированным. Стены должны быть гладкими, побеленными или облицованными керамической плиткой. Температуру в складе поддерживают не ниже 8 °С. В исключительных случаях допускается хранение муки в неотапливаемых помещениях. Мешки с мукой укладывают в штабеля тройником, на деревянных поддонах или стеллажах.

На предприятия малой и средней мощности мука может поступать автомобильным транспортом, оборудованным специальными контейнерами.

Подготовка сырья к производству. Подготовка ***муки*** состоит из нескольких операций: составление смеси и проведение смешивания; просеивание; очистка муки на металломагнитных сепараторах.

Партии муки, имеющиеся на складе предприятия, могут существенно различаться по хлебопекарным свойствам. Чтобы обеспечить стабильность качества выпускаемой продукции, на хлебозаводах принято до пуска муки в производство составлять смесь из двух или нескольких партий. При составлении смеси в первую очередь учитывают показатели силы муки и её газообразующую способность. Принимают во внимание цвет муки или её возможное потемнение при приготовлении теста, а также влажность и кислотность отдельных партий, если эти показатели отличаются от нормы. При необходимости проводят пробную выпечку хлеба.

Смешивание партий муки производят в соответствии с расчетами, проведёнными на основании результатов входного контроля поступающего сырья. Составление смеси облегчается тем, что пользуясь правилом пропорции, можно заранее рассчитать, в каком соотношении следует смешивать партии муки, чтобы смесь их отвечала заданным значениям.

Для получения выровненной по качеству мучной смеси используют специальные машины – мукосмесители. В складах бестарного хранения муки для её дозирования и смешивания применяют устройства, обеспечивающие механизированное проведение этих операций.

При расшивке мешков в муку могут попасть нитки, волокна мешковины и др. При транспортировке и хранении муки в ней могут оказаться металлические примеси и единичные экземпляры вредителей. Просеивание муки перед направлением её в производственные мучные силосы предупреждает возможность появления таких включений в тесте и хлебе. Просеивают муку на специальных машинах – рассевах. При прохождении муки через сита рассевов она насыщается воздухом, кислород которого активно используется дрожжевыми грибками для дыхания в начале брожения.

Если мука хранится зимой в неотапливаемых помещениях, за несколько дней до запуска её в производство необходимое количество переносят в тёплый склад.

Вода в хлебопекарном производстве используется для приготовления суспензии дрожжей, растворов соли и сахара, для замеса теста. Применяемая для производства хлеба вода должна отвечать требованиям стандарта на питьевую воду. Строго нормируется содержание микроорганизмов, так как многие из них сохраняются при выпечке. Жесткость воды не ухудшает качество хлеба, поэтому её снижают только если содержание солей кальция и магния слишком велико. На хлебопекарных предприятиях, чтобы обеспечивать бесперебойную работу в аварийных ситуациях, следует иметь запасы холодной (на 8 ч) и горячей (на 5–6 ч) воды. Хранят воду в специальных ёмкостях, объём которых рассчитывают исходя из ассортимента выпекаемой продукции, качества муки, её выхода и влажности.

В зависимости от ассортимента количество воды в тесте колеблется от 30 до 75%. Сильная мука обладает большей водопоглотительной способностью, соответственно большее количество воды требуется для замеса теста. В муке высоких выходов содержатся частицы оболочек зерна, обладающие выраженной способностью связывать воду, и это обусловливает увеличение количества воды при замесе теста. Нормы выхода хлеба рассчитывают на муку с базисной влажностью 14,5%, поэтому количество воды для замеса определяют с учётом

фактической влажности муки. Если рецептурой предусмотрено повышенное содержание сахара и жира, количество воды уменьшают.

Перед подачей воды на технологическую линию её подогревают до 28; 30 или 32 °С.

Дрожжи хлебопекарные могут поступать на предприятия в прессованном, жидком и сухом виде, и это определяет условия их хранения и подготовки к производству. Дрожжи – это микроскопические грибы *Saccharomyces cerevisae*, применяемые для разрыхления пшеничного и приготовления заквасок для ржаного теста. Дрожжевые микроорганизмы размножают на специализированных предприятиях в жидких питательных средах и после отделения от питательной среды перевозят на ближайшие хлебозаводы. Но чаще дрожжевые клетки спрессовывают в бруски массой 0,1 или 1,0 кг или высушивают.

Основным показателем качества дрожжей является *бродильная активность* – подъёмная сила (способность дрожжей за установленное время обеспечить подъём теста до определённой высоты – 70 мм). Для всех видов дрожжей бродильная активность должна быть не более 70 мин.

Прессованные дрожжи должны иметь влажность 75 %, кислотность от 120 до 300 мг на 100 г в зависимости от срока хранения. Хранят прессованные дрожжи при температуре 2–4 °С не более 12 суток. При подготовке прессованных дрожжей для замеса теста их разводят водой (температура 29–32 °С) в бачках с мешалками в соотношении 1: (2–4).

При необходимости длительных перевозок прессованные дрожжи высушивают при температуре не выше 40 °С до влажности 10 %, что удлиняет срок их хранения до 5–12 месяцев. Высушенные дрожжи хранят в жестяных банках, бумажных пакетах или ящиках, выстланных пергаментом, при температуре около 15 °С. Гарантийный срок хранения сухих дрожжей от 6 до 12 месяцев в зависимости от степени герметизации. При хранении допускается ежемесячное ухудшение подъёмной силы на 5 %. Сухие дрожжи перед употреблением замачивают в тёплой воде до образования однородной смеси.

Для длительного хранения дрожжи замораживают. Оттаивать их следует в прохладном (не более 8 °С) помещении: чем медленнее проходит оттаивание, тем лучше сохраняется их подъёмная сила.

Дрожжевое молоко – это жидкая суспензия дрожжей в воде, полученная сепарированием культурной среды после размножения в ней дрожжей. Дрожжевое молоко поступает на хлебозаводы в термоизолированных цистернах охлаждённым до 3–10 °С. Сырьё перекачивают в стальные ёмкости с водяной рубашкой и электромешалкой, которую включают через каждые 15 мин на 30 с для обеспечения однородности суспензии по всей массе продукта. Продолжительность хранения дрожжевого молока при температуре 3–10 °С около 2 суток, при температуре 0–4 °С – до 3 суток.

На многих хлебозаводах проводят предварительную активацию дрожжей. Сущность активации заключается в том, что дрожжи разводят в жидкой питательной среде, состоящей из муки, воды, солода, сахара и некоторых других добавок и оставляют на 30–90 мин. В это время дрожжевые клетки не размножаются, но их активность значительно повышается, улучшается подъёмная сила, сокращается длительность брожения полуфабрикатов, улучшается качество выпеченного хлеба. Кислотность изделий, приготовленных на активированных дрожжах, на 1,0–1,2° выше обычной.

На некоторых предприятиях используют *жидкие дрожжи* или *жидкие закваски*, которые готовят непосредственно на хлебозаводах. Жидкие дрожжи – это полуфабрикат, который изготавливают в две стадии. Вначале муку заваривают горячей водой, охлаждают до 48–54 °С и сбраживают термофильными молочно-кислыми бактериями. Получаемая масса называется *затор*. Затор имеет высокую, до 10°, кислотность, и его после охлаждения до 28–30 °С используют в качестве питательной среды для размножения дрожжей. В процессе производства для приготовления теста от жидких дрожжей отбирают определённую часть, а вместо неё вносят необходимое количество питательной среды.

Для приготовления жидкой закваски в питательную среду при температуре 28–30 °С вносят нетермофильные молочно-кислые бактерии и дрожжи. В качестве питательной среды используют *заварки*. Заварка – водно-мучная смесь, в которой крахмал муки клейстеризован под действием высоких (65–70 °С) температур.

Количество дрожжей, необходимое для нормального процесса брожения, сильно колеблется в зависимости от ряда факторов:

– качества дрожжей: чем ниже их сбраживающая способность, тем большее их количество потребуется для замеса теста;

– длительности брожения: современные технологии предполагают короткий период брожения или его отсутствие, соответственно это требует повышенного количества дрожжей (до 3–6 %);

– газообразующей способности муки: несоответствие этого показателя количеству вносимых дрожжей отрицательно влияет на расстойку и выпечку, в итоге на качество хлеба;

– способа приготовления теста: при безопарном способе требуется дрожжей больше, чем при замесе теста опарным способом;

– количества сахара и жира: при увеличении их содержания в рецептуре повышается количество вносимых дрожжей.

Соль придаёт определённый вкус хлебу и влияет на скорость брожения теста, замедляя деятельность ферментов. Используют в хлебопечении только соль поваренную пищевую, отвечающую требованиям стандарта. Поставляется соль в бумажных мешках в объёме 15-суточной потребности предприятия или россыпью. Хранят её в отдельном помещении в специальных ёмкостях или сразу растворяют и фильтруют. Бункер для растворения соли имеет приёмный отсек и 2–3 отстойных отделения. В приёмный отсек проведены трубопроводы с холодной и горячей водой, крупнозернистую соль перед растворением промывают. Для контроля концентрации раствора, которая должна быть постоянной, периодически проверяют ее ареометром. Обычно готовят раствор 25 %-й или

26 %-й концентрации. Нарушение установленной плотности раствора соли изменяет её дозировку в основном процессе. Количество соли в рецептуре может колебаться от 1,3–1,5 до 2,5 % от массы муки.

Сахар вводят в рецептуру улучшенных (3–6 %) и сдобных (до 30 %) изделий. Небольшие концентрации (до 8 %) сахара активизируют брожение, при более высоком содержании наблюдается замедление брожения теста.

На хлебопекарных предприятиях создают 15-суточный запас сахара, который поступает в тканевых мешках с полиэтиленовыми или трёхслойными бумажными вкладышами. Мешки с сахаром укладывают на поддоны, покрытые брезентом, мешковиной или бумагой. Штабеля составляют из однородного по качеству сахара, упакованного в тару одного вида. Упакованный сахар-песок хранят при температуре не выше 40 °С и относительной влажности воздуха не более 70 %. Возможно поступление на хлебозавод сахарного сиропа.

Перед отправкой сахара в производство его растворяют и фильтруют на специальном оборудовании. Как правило, сахар добавляют в тесто в виде раствора 51–62 %-й концентрации, температура раствора 32–35 °С. Сироп из бачков перекачивают в сборные ёмкости, откуда по мере необходимости через дозаторы направляют для замеса теста. В последние годы многие хлебозаводы используют сахарно-солевой раствор. Добавление поваренной соли в объёме 2,0–2,5 % массы сухого сахара задерживает кристаллизацию сахарозы в трубопроводах, позволяет использовать более насыщенные растворы и меньшие ёмкости для хранения.

Жиры кондитерские и хлебопекарные используют для повышения энергетической ценности и улучшения вкуса хлебных изделий. В улучшенные изделия добавляют 2–5 %, а в сдобные – 5–25 % масел. Даже небольшие добавки (0,5 %) жира положительно влияют на структурно-механические характеристики теста. Во время выпечки жир замедляет образование корочки, изделие получается более пористым, пышным и с нежным мякишем. Растительные масла применяют также

при разделке теста и смазке форм и листов. Желательно, чтобы жиры, применяемые в хлебопечении, были безводными, хорошо эмульгировались в воде, имели пластичную структуру и невысокую температуру плавления.

Однако при избытке жира может наблюдаться замедление процесса брожения, так как жир обволакивает дрожжевые клетки и снижает их бродильную активность.

Из растительных масел используют подсолнечное, соевое, хлопковое и горчичное. Широко применяются маргарин и сливочное масло. Жиры улучшают качество хлеба, если вносить их в тесто в виде тонкодисперсной эмульсии с применением пищевых эмульгаторов, например фосфатидного концентрата (ФК) следующего состава (%): маргарин – 50, фосфатидный концентрат – 5–7, вода – 45–43. Такая эмульсия устойчива, не расслаивается в течение 2–3 суток, хорошо транспортируется по трубам.

Растительные масла хранят в темном прохладном (4–6 °С) помещении в закрытой таре, так как под влиянием света, кислорода воздуха и повышенной температуры масла быстро портятся.

Маргарин готовят из набора жиров, заквашенного молока, эмульгаторов, красителей и других вспомогательных материалов. Жировой основой служат саломас (до 75 %) и природные жиры растительного и животного происхождения.

Жиры кондитерские и хлебопекарные состоят из растительного масла (до 85 %) и саломаса (около 12 %) с добавлением или без него небольшого количества натуральных жиров и эмульгаторов (около 3 %). В хлебопечении применяют жир с фосфатами (твёрдой консистенции) и жидкий жир, имеющий подвижную консистенцию при температуре 15–20 °С. Хранят *твёрдые жиры* в зависимости от наличия антиоксидантов и температуры (от плюс 15 до минус 10 °С) в течение 1–9 месяцев. При технологической подготовке твёрдые жиры осматривают, очищают поверхность от загрязнений, разрезают на куски и проверяют внутреннее состояние. Перед внесением в тесто твёрдые жиры растапливают и с помощью пищевого эмульгатора приготав-

ливают водную эмульсию. Полученная эмульсия должна быть тонкодисперсной и устойчивой во времени.

Жидкий жир должен иметь однородную консистенцию и быть подвижным при температуре 18 °С. Допустимый срок хранения жидкого жира 10 дней при температуре не выше 20 °С. На хлебозаводе жидкий жир размещают в ёмкостях для хранения, снабжённых мешалками и водяными рубашками. Из баков для хранения жидкий жир насосами подаётся в расходные ёмкости, а затем в соответствующий дозатор.

***Молочные продукты**:* молоко натуральное, сухое и сгущённое, сливки, сыворотка, пахта, сметана, творог – относятся к скоропортящимся продуктам и поэтому их хранят при пониженной температуре.

Молоко и сливки сохраняют свои свойства при температуре 8–10 °С в течение 6–12 ч, при температуре 6–8 °С до 18 ч. Сметану можно хранить до 3 суток при температуре 0–8 °С. Срок хранения творога при 0 °С до 7 суток, а в замороженном состоянии – 4–6 месяцев. Сгущённое молоко хранят в негерметичной таре до 8 месяцев при температуре 8 °С.

Сухое молоко в негерметичной таре хранят до 3 месяцев. Перед пуском сухого молока в технологический процесс его постепенно разводят в воде, температура которой 28–30 °С, до состояния натурального молока, массу при этом постоянно перемешивают, затем оставляют для набухания на 1 ч. Расход воды составляет 700–800 мл на 100 г сухого молока. Некоторые хлебозаводы готовят эмульсию из сухого молока, воды и жира. В эмульсии молоко хорошо набухает, а жир измельчается.

Все жидкие молочные продукты при подготовке к использованию процеживают через сито с ячейками диаметром 2 мм.

Яичные продукты – свежие яйца, порошок, меланж – улучшают структуру пористости, увеличивают объёмный выход хлеба, замедляют его черствение. Хранят яичные продукты в отдельном складе, в условиях, необходимых для каждого вида сырья. Перед пуском в производство яйца освобождают от скорлупы, меланж оттаивают, а порошок разводят водой до требуемой консистенции.

Отруби пшеничные и ржаные входят в рецептуры некоторых видов хлебных изделий. Хранят их и готовят к запуску на технологическую линию так же, как соответствующий вид муки.

Солод добавляют в заварные сорта ржаного и ржано-пшеничного хлеба, а также в пшеничный хлеб из муки с пониженной ферментативной активностью. Для получения солода семена ржи или ячменя проращивают, что активизирует все ферменты зерна и изменяет структуру белков и крахмала.

Для получения белого солода проросшее зерно ржи или ячменя высушивают при температуре до 55 °С и размалывают. Красный солод готовят только из проросшего зерна ржи, которое ферментируют (томят) в течение нескольких часов при температуре 70–90 °С, затем высушивают и измельчают.

Изюм, орехи, цукаты, пряности перед использованием перебирают, отделяют примеси и, если необходимо, промывают в воде и измельчают.

Дозирование сырья. Перечень и соотношение отдельных видов сырья для производства определённого сорта хлеба называют рецептурой. Рецептуры принято указывать на 100 кг муки стандартной влажности (14,5 %). Рецептуры хлебопекарных изделий предусматривают следующее соотношение отдельных видов сырья (кг):

Мука	100
Вода	50–70
Прессованные дрожжи	0,5–2,5
Соль	1,3–2,5
Сахар	0–20
Жиры	0–13

В рецептуры могут быть включены и другие виды сырья, поэтому точность дозировки всех компонентов оказывает значительное влияние на качество и пищевую ценность хлеба.

Для каждого сорта хлеба существуют унифицированные рецептуры, но так как качество поступающего на хлебозавод сырья может значительно отличаться от заданного, после входного контроля сотрудники ПТЛ составляют производственные

рецептуры. В производственных рецептурах указывается дозировка муки, дополнительного сырья, растворов соли и сахара, полуфабрикатов (закваски, заварки, жидких дрожжей) на замес одной порции опары и теста в зависимости от мощности линии, оборудования, принятого способа тестоведения.

На предприятиях хлебопекарной промышленности РФ приготовление теста может осуществляться порционно и непрерывно. Порционно тесто готовится с применением дозирующих сырьё устройств в тестомесильных машинах (дежах) периодического действия. Дозирование сырья сводится к отвешиванию или отмериванию по объёму порций сырья, необходимых для приготовления одной дежи теста. Непрерывно тесто готовится с применением непрерывного дозирования сырья и замеса теста.

Муку обычно дозируют автомукомерами, жидкие компоненты, как правило, с помощью автоматизированных дозирующих устройств. Точность работы дозирующих устройств, соблюдение температурного режима необходимо систематически контролировать.

Приготовление теста. Процесс получения однородной по составу массы из всех компонентов, предусмотренных рецептурой, называют замесом теста. Цель замеса – получение массы теста с определёнными структурно-механическими свойствами, которые должны обеспечить оптимальное протекание операций деления, формования, расстойки и выпечки хлеба.

Ведущая роль в образовании пшеничного теста с характерными признаками (упругость, вязкость, пластичность) принадлежит белкам муки. Частицы муки при замесе быстро поглощают воду, набухают и слипаются в сплошную массу, образуя губчато-сетчатую непрерывную основу, которая обеспечивает упругость и растяжимость теста. Замес ведут до полного исчезновения комочков муки и равномерного распределения остального сырья, обычно для теста из пшеничной муки это 7–8 мин. Чрезмерно длительный или очень интенсивный замес может вызвать разрушение уже образовавшейся структуры теста, что приводит к ухудшению качества хлеба.

Чем слабее мука и выше температура теста при замесе, тем заметнее отрицательное влияние длительности этой операции.

Во время замеса теста повышается его температура, в основном за счёт выделения теплоты гидратации и перехода механической энергии в тепловую. В начале процесса замеса повышение температуры стимулирует тестообразование, затем, из-за усиления гидролитических реакций, возможно ослабление структуры теста.

Тесто после замеса состоит из трёх фаз:

– *твёрдой*, в массе которой преобладают набухшие, нерастворимые в воде белки, зёрна крахмала и частицы оболочек. К твёрдой фазе относят также дрожжевые и бактериальные клетки, количество которых может достигать 2 млн в 1 г теста;

– *жидкой*, в состав её входят водорастворимые вещества (сахар, соль, белки и др.). Количество жидкой фазы около 12–15 %, её молекулы окружают элементы твёрдой фазы;

– *газообразной*, представленной пузырьками воздуха, захваченными тестом при замесе, а также воздухом, внесённым с мукой и водой при замесе. Газообразная фаза занимает около 10 % объёма теста, количество поглощённого тестом кислорода зависит от длительности и интенсивности замеса.

Соотношение фаз в тесте оказывает влияние на его реологические характеристики: увеличение количества жидкой и газообразной фазы делает тесто текучим, липким.

Замес осуществляют в тестомесильных машинах (дежах) разной ёмкости. Перемешивание компонентов теста производится месильными органами, погружаемыми вовнутрь дежи, различных размеров и формы.

Наиболее широко применяют два способа приготовления пшеничного теста: *опарный* (двухфазный) и *безопарный* (однофазный).

Для приготовления опары (первая фаза) используют половину общего количества муки, около 2/3 воды и всё количество, предусмотренное рецептурой, дрожжей. Опару выдерживают при температуре около 30 °С в течение 3–4,5 ч. Вторая фаза – замес теста на готовой опаре. В опару вносят остав-

шуюся часть муки, воды, соль и другие компоненты согласно рецептуре. Брожение теста длится 1–1,5 ч, за это время его 1 или 2 раза обминают (кратковременно, в течение 1,5–2,5 мин месят). Первую обминку проводят по истечении 2/3 продолжительности процесса брожения теста. При второй обминке вносят, если предусмотрено рецептурой, сахар и жир. Если обминок планируется несколько, то последняя должна быть произведена не позднее чем за 20 мин до начала разделки теста.

При безопарном способе все компоненты теста вносят одновременно. Так как тесто при таком способе получается более густой консистенции, дрожжи находятся в менее благоприятных условиях и их приходится вносить в 1,5–2,0 раза больше, чем при опарном способе. Оптимальная начальная температура для брожения 28–30 °С, продолжительность брожения от 2 до 4 ч.

Качество получаемого хлеба (пористость мякиша, окраска корочки, вкус и аромат) выше при опарном способе приготовления теста, но он более длителен (продолжительность приготовления хлеба до 8 ч) и требует большего количества оборудования. Кроме того, при опарном способе до 2% больше потери сухого вещества муки при брожении и на 0,5% меньше выход хлеба.

Выбор того или другого способа приготовления теста зависит от оснащённости предприятия необходимым оборудованием и потребительских предпочтений населения. Крупные хлебозаводы чаще используют опарный способ, пекарни малой мощности с целью ускорения технологического процесса – безопарный.

Брожение теста начинается с момента его замеса, продолжается во время деления его на куски и формовании, расстойки сформированных кусков и даже в начале процесса выпечки. Цель брожения – разрыхление теста, придание ему структурно-механических свойств, необходимых для дальнейших операций.

Во время брожения существенно изменяются характеристики теста, происходит так называемое *созревание* теста –

комплекс микробиологических, биохимических, коллоидных и физических процессов, приводящих тесто в состояние, оптимальное для разделки и выпечки. Все процессы протекают одновременно и взаимно влияют друг на друга. При этом в тесте накапливаются вещества, которые обеспечивают специфические вкус и аромат свежего хлеба, его окраску.

Микробиологические процессы вызываются дрожжами и другими микроорганизмами, попадающими в тесто с сырьём.

Спиртовое брожение, вызываемое дрожжами, превращает сахара, через промежуточные продукты, в этиловый спирт и диоксид углерода, который накапливается в тесте и разрыхляет его. Количество этанола в хорошо выбродившем тесте может достигать 1,2%. Кроме этилового в тесте образуются в небольших количествах изоамиловый, пропиловый, бутиловый и другие спирты, участвующие в образовании вкуса и аромата хлеба.

Скорость спиртового брожения зависит от температуры, кислотности среды, количества и качества дрожжей. Оптимальны температура 25–35 °С и слабокислая реакция среды (pH 4–6). Брожение ускоряется при добавлении в тесто амилолитических ферментных препаратов.

Источником сахаров для дрожжей являются собственные сахара зерна, перешедшие в муку, мальтоза, образующаяся в тесте при расщеплении крахмала, и сахар, вносимый в тесто по рецептуре. Кроме углеводного питания, для активной деятельности дрожжей необходимо наличие в тесте витаминов и минеральных соединений.

Молочно-кислое брожение вызывается молочно-кислыми бактериями, которые расщепляют глюкозу с образованием молочной кислоты, и сопровождается повышением кислотности теста (pH пшеничного теста за время брожения изменяется с 6 до 5). В результате нарастания кислотности ускоряется действие ферментов, набухание белков, замедляется разложение крахмала до декстринов и мальтозы.

Существуют два вида молочно-кислых бактерий: гомоферментативные, образующие молочную кислоту, и гете-

роферментативные, которые наряду с молочной кислотой вырабатывают уксусную, янтарную, лимонную и другие органические кислоты. Соотношение кислот в хлебе влияет на его вкус – молочная кислота придает хлебу приятный вкус, при повышенном содержании уксусной и других кислот хлеб становится кислым и неприятным.

Повышенная температура опары или теста способствует более быстрому нарастанию кислотности, но при пониженной температуре и влажности теста с большей скоростью развиваются гетероферментативные бактерии, кислотность теста резко возрастает, а вкус хлеба ухудшается.

Кислотность теста повышается также и за счёт растворения в нём диоксида углерода, образующегося при спиртовом брожении.

Кислотность теста является признаком его созревания, а кислотность хлеба – один из показателей его качества, включённый в стандарт.

При брожении образуются различные альдегиды и кетоны, которые являются промежуточными продуктами брожения или результатом взаимодействия компонентов теста. Количество этих веществ мало, но они оказывают определённое влияние на аромат хлеба.

Биохимические процессы непрерывно протекают в опаре и тесте с момента замеса. Под действием ферментов муки, дрожжей и микроорганизмов происходит расщепление компонентов муки (белков и крахмала), в результате чего непрерывно изменяется углеводно-амилазный комплекс теста.

Интенсивность этого процесса необходимо контролировать, так как при активном разложении белков, особенно в слабой муке, тесто становится липким, малопригодным для механической обработки. При расстойке и выпечке такое тесто расплывается, хлеб получается малообъёмным и неудовлетворительного качества. Введение различных добавок – улучшителей окислительного или восстановительного действия помогает уменьшить или усилить протеолиз белков. Чрезмерная активность амилаз может привести к излишнему накоплению

мальтозы, при этом хлеб получится с тёмной коркой, заминающимся, с не пропечённым на ощупь мякишем.

Коллоидные и физические процессы, начавшиеся при замесе, интенсивно продолжаются при брожении. В зависимости от свойств муки возможно ограниченное и неограниченное набухание белков: при ограниченном набухании белки только увеличиваются в размерах, при неограниченном – меняется и форма белковой молекулы. Интенсивность и продолжительность этих, одновременно идущих в тесте, процессов не одинакова. Повышение кислотности и накопление спирта в тесте ускоряют ограниченное набухание коллоидов, в основном белковых веществ, что приводит к уменьшению количества жидкой фазы теста и улучшению его эластичных свойств. В то же время повышение кислотности и накопление спирта способствуют неограниченному набуханию и пептизации белковых молекул, что приводит к увеличению содержания веществ, переходящих в жидкую фазу теста, и ухудшению его характеристик.

У муки с сильной клейковиной почти до конца брожения происходит ограниченное набухание, при этом свойства теста улучшаются. У муки со слабой клейковиной наблюдается неограниченное набухание и тесто разжижается, поэтому продолжительность брожения теста из такой муки должна быть сокращена.

Интенсивность протекания рассмотренных процессов зависит от температуры. Оптимальная температура для спиртового брожения в тесте около 35 °С, для молочно-кислого – 35–40 °С, поэтому более высокая температура теста способствует нарастанию кислотности. При повышении температуры ускоряются биохимические процессы, увеличивается растяжимость и расплываемость клейковины. Оптимальная температура брожения теста – 26–32 °С, повышенную температуру можно рекомендовать для приготовления теста из сильной муки, тесто из слабой муки следует готовить при пониженной температуре.

Обминка теста во время брожения ускоряет набухание белков теста из сильной муки, что способствует улучшению

его свойств. Интенсивная обминка теста из слабой муки ускоряет разрушение ослабленной структуры набухших белков и тем самым ухудшает его свойства.

Вследствие насыщения опары и теста диоксидом углерода (результат спиртового брожения) возрастает их объём. При увеличении объёма опары и теста происходит вытягивание клейковинных плёнок из набухших частиц муки, а последующее слипание этих плёнок при обминке обеспечивает создание в тесте структурного губчатого белкового каркаса, который обусловливает формо- и газоудерживающую способность теста при расстойке и выпечке.

В результате физических процессов, происходящих в тесте при брожении, температура опары и теста повышается на 1–2 °С.

Факторы, влияющие на интенсивность созревания теста. На продолжительность созревания теста оказывают влияние многие факторы: рецептура, температура брожения, интенсивность замеса.

Немаловажное значение имеет содержание в рецептуре соли, сахара, жира и др. Внесение соли в концентрациях выше 1,3–1,5 % угнетает клетки дрожжей и кислотообразующих бактерий, соответственно замедляется спиртовое брожение и скорость кислотонакопления. Внесение соли снижает активность амилаз и, как результат, замедляется гидролиз крахмала, повышается температура начала его клейстеризации.

Влияние соли на белково-протеиназный комплекс зависит от её концентрации в тесте. При высоких концентрациях соли снижаются массовая доля клейковины и её влагоёмкость, она укрепляется. Тесто в период расстойки остаётся крепким, удобным для разделки, но период расстойки удлиняется. При пониженных дозах соли увеличивается гидратационная способность клейковинных белков и клейковина становится слабее, что затрудняет последующую обработку теста, оно имеет пониженную газо- и формоустойчивость, расплывается и дает хлеб с малым объёмом.

Высокие дозы сахара и жира тормозят жизнедеятельность дрожжей, что ослабляет газообразование в тесте. При опре-

делённых высоких концентрациях сахара и жира дрожжевые клетки вообще не способны развиваться, поэтому в некоторых случаях, особенно в кондитерском производстве, приходится использовать химическое или механическое разрыхление теста. В первом случае газообразование в тесте есть результат химических реакций между веществами разрыхлителя (или составными разрыхлителя) и водной фазой теста. Во втором случае насыщение теста диоксидом углерода, кислородом или воздухом осуществляется в процессе замеса в тестомесильной машине под давлением или разряжением.

Температура опары или теста способна усилить или ослабить коллоидные и гидролитические процессы в тесте, влиять на жизнедеятельность микроорганизмов, тем самым усиливая или ослабляя газообразование и кислотонакопление. Но, регулируя температуру в производственных условиях, необходимо учитывать свойства муки. При использовании слабой муки повышать температуру теста не рекомендуется, так как при этом повышается интенсивность гидролиза основных компонентов теста, увеличивается скорость набухания и пептизации коллоидов. Всё это способствует увеличению доли жидкой фазы теста, структурно-механические свойства его ухудшаются – оно быстрее разжижается при брожении.

Для теста существует определённый оптимум удельной работы замеса в зависимости от силы муки. Величина оптимума для слабой –15–25 Дж на 1 г теста, для средней по силе – 25–40, для сильной – 40–50 Дж. Значение оптимума удельной работы может быть достигнуто либо удлинением интенсивности замеса, либо интенсификацией процесса.

Разработано несколько направлений, ускоряющих процесс созревания теста: ускорение процесса брожения; использование специальных добавок – улучшителей; интенсификация механического воздействия на тесто.

Ускорение брожения достигается:

– повышением температуры опары и теста до оптимального значения;

– увеличением дозировки дрожжей;

– предварительной активацией дрожжей, усиленным питанием микрофлоры смесями минеральных солей;

– подбором более активных рас и штаммов микроорганизмов при приготовлении жидких дрожжей и жидких заквасок.

Известны и другие способы интенсификации брожения: электрофизическая обработка дрожжевой суспензии, добавка к прессованным дрожжам их плазмолита и т. д.

Химические улучшители могут существенно влиять на процесс созревания теста, особенно при использовании ускоренных технологий приготовления хлеба или муки с пониженными хлебопекарными свойствами. Различают несколько групп химических ускорителей созревания теста:

а) поверхностно-активные вещества (ПАВ), влияющие на структурно-механические свойства теста. Введение в тесто жиров и ПАВ – эмульгаторов не только ускоряет созревание теста, но и улучшает качество хлеба, продлевает период его свежести;

б) улучшители окислительного (бромат и йодат калия и др.) и восстановительного действия (цистеин и др.), изменяющие окислительно-восстановительный потенциал теста;

в) органические кислоты, которые ускоряют достижение оптимальной кислотности в тесте;

г) ферментные препараты, вносимые в тесто для активации амилолиза и протеолиза.

Интенсивное механическое воздействие на тесто вызывает ускорение созревания. При интенсификации замеса ускоряются микробиологические, коллоидные и биохимические реакции в тесте, более активно протекают окислительные процессы, качество хлеба при этом не снижается.

В современной практике тестоведения часто применяют совмещение отдельных приёмов, ускоряющих созревание теста, и это благоприятно сказывается на качестве конечного продукта.

В настоящее время не существует объективных методов определения готовности теста. О готовности выброженного теста судят по длительности времени брожения, предусмотренного для данного сорта, по величине титруемой кислотности и органолептическим показателям.

Разделка и расстойка теста. Разделка теста включает несколько операций: деление теста на куски, округление, предварительная расстойка, формование тестовых заготовок, окончательная расстойка. Многократная обработка пшеничного теста необходима для получения однородной структуры заготовки, чтобы хлеб в итоге имел ровную мелкую пористость.

Деление теста осуществляют тестоделительными машинами различных конструкций при постоянной скорости выхода теста из машины. Основным показателем качества работы таких машин является точность массы тестовых заготовок. Допустимые отклонения по массе не более 2,5–3,0 %. Масса тестовой заготовки должна быть больше массы готового изделия на величину потерь при разделке и выпечке (упёк) и хранении хлеба в экспедиции (усушка).

Округление кусков теста проводят сразу после деления в тестоокруглительных машинах или вручную. Округлённые куски теста поступают на предварительную расстойку. При выпечке подовых изделий округлой формы эта операция совпадает с операцией окончательной формовки, после чего заготовки поступают на окончательную расстойку.

Предварительная расстойка – выдержка округлённых заготовок из пшеничного теста в течение 5–8 мин в состоянии покоя. Этого времени бывает достаточно для того, чтобы в тесте ослабло внутреннее напряжение, возникшее при делении и округлении теста, и восстановилась разрушенная структура теста. Во время этой операции, из-за её краткости, не требуется поддержания определённого температурно-влажностного режима. При расстойке куски теста увеличиваются в объёме, улучшаются физические свойства и структура теста, соответственно повышается качество хлеба. Предварительная расстойка осуществляется на ленточных транспортёрах, проложенных вдоль шкафов окончательной расстойки, в специальных ленточных или люлечных расстойных шкафах.

Формование – придание тестовым заготовкам формы, соответствующей данному виду изделия. Проводят эту операцию сразу после предварительной расстойки на формующих

закаточных машинах. Для придания тесту формы батона используют валково-ленточные закаточные машины, где кусок теста вначале раскатывается в продолговатый блин, а затем свёртывается в трубку, концы которой обрабатывают, придавая нужную форму (тупые округления – для батонов, острые – для городских булок).

При разделке теста и особенно при формовании из него практически полностью удаляется диоксид углерода, нарушается пористая структура заготовок. Если их сразу направить на выпечку, то хлеб получится малого объёма с плотным мякишем, поэтому тестовые заготовки подвергают ***окончательной расстойке***, во время которой в тесте наблюдаются процессы, свойственные брожению – микробиологические, биохимические и коллоидные. Тесто увеличивается в объёме, меняется его форма.

Продолжительность расстойки колеблется в широком диапазоне – от 25 до 120 мин и зависит от температуры и относительной влажности воздуха. Оптимальная температура в период расстойки 35–40 °С, влажность 75–85 %. Высокая влажность воздуха предохраняет поверхность изделий от высыхания, что предупреждает появление трещин и подрывов на поверхности хлеба после выпечки. На продолжительность расстойки влияют: качество муки – чем сильнее мука, тем продолжительнее расстойка; масса куска теста – чем она меньше, тем длительнее расстойка; при повышении температуры (но не более 45 °С) и относительной влажности воздуха (до 90 %) длительность расстойки сокращается на 25–30 %. Как недостаточная, так и избыточная продолжительность расстойки нежелательны. При передержке подовых изделий в расстойке хлеб получается расплывшимся, а формовой хлеб – с вогнутой серединой. При недостаточной расстойке подовые изделия имеют сильновыпуклую округлую форму, а формовые виды хлеба не достигают оптимального объёма и имеют выпуклую корку с подрывами.

Окончательная расстойка теста проводится в специальных расстойных шкафах, конец этого процесса обычно опре-

деляют по внешнему виду и объёму кусков, что требует большого практического навыка.

Выпечка хлеба. Заключительным этапом производства хлеба является выпечка. Для выпечки 1 кг хлеба требуется 290–540 кДж. Эта теплота расходуется на испарение влаги из тестовой заготовки и её прогревания до температуры, при которой тесто превращается в хлеб. Температура паровоздушной среды в пекарной камере в зависимости от вида изделий может быть от 200 до 280 °С.

При поступлении в печь тестовые заготовки начинают прогреваться от наружных слоёв к внутренним, поэтому все процессы, характерные для выпечки хлеба, происходят не одновременно по всей массе, а послойно. Быстрота прогревания теста, следовательно, и продолжительность выпечки, зависят от ряда факторов. При повышении температуры в пекарной камере (в определённых пределах) ускоряется прогревание заготовок и сокращается продолжительность выпечки. Однако при ускоренной выпечке в результате обезвоживания наружных слоёв тестовой заготовки происходит образование твердой хлебной корки, которая прекращает прирост объёма теста и хлеба. Температурный режим следует регулировать так, чтобы корка образовывалась не сразу, а через 6–8 мин, когда максимальный объём заготовки будет достигнут. К концу выпечки температура поверхности хлеба составляет 140–180 °С, в центре мякиша – 93–98 °С.

Во время выпечки хлеба внутри тестовой заготовки одновременно протекают микробиологические, биохимические, коллоидные и физические процессы.

В начальный период выпечки в тестовой заготовке усиливается деятельность микрофлоры и продолжается накопление продуктов брожения. При прогреве теста до 35^0С активность дрожжевых клеток максимальна. При повышении температуры до 45 °С и выше газообразование в тесте резко снижается, а при 60 °С жизнедеятельность дрожжевых клеток практически прекращается. Деятельность кислотообразующих мезофильных бактерий затухает при температуре 40–45 °С,

термофильных – при температуре 60 °С. Таким образом, в начальный период выпечки образуется дополнительное количество органических кислот, влияющих на вкус хлеба. Полной гибели бродильной микрофлоры при выпечке не происходит, в центре мякиша обнаруживаются дрожжевые клетки, некоторые виды молочно-кислых бактерий, а также споры некоторых спорообразующих бактерий.

Биохимические процессы при выпечке имеют ту же зависимость от температуры, что и микробиологические. В начальный период (до температуры около 50–60 °С) деятельность ферментов заметно активируется. Продолжается гидролиз крахмала, белков, пентозанов, начинается образование ароматических и темноокрашенных веществ, а также удаление влаги.

В первые минуты выпечки в результате конденсации пара крахмал на поверхности заготовки клейстеризуется, переходя частично в растворимый крахмал и декстрины. Жидкая масса растворимого крахмала и декстринов заполняет поры на поверхности заготовки, сглаживает мелкие неровности и, после обезвоживания, придаёт корочке блеск и глянец.

По мере прогрева тестовой заготовки активность ферментов снижается, а затем (при температуре около 85 °С) наблюдается их инактивация. Происходят изменения и в структуре самих белков. При температуре 60–70 °С клейковинные белки денатурируют, теряя эластичность и выделяя влагу. После денатурации белков в наружных слоях изделия прекращается прирост объёма заготовки.

Физические и коллоидные процессы превращают тесто в хлеб. Через несколько минут после начала выпечки интенсивное испарение влаги приводит к полному обезвоживанию и уплотнению верхнего слоя тестовой заготовки, образуется корочка, толщина которой к концу выпечки достигает 1–3 мм. Реакция меланоидинообразования протекает при температуре 140–180 °С и придаёт корке определённую окраску.

Мякиш хлеба образуется в основном за счёт изменения коллоидного состояния белков и крахмала. Клейковинные

белки в тесте максимально оводнены, но по мере тепловой коагуляции белков вода освобождается. При повышении температуры увеличивается набухание крахмала, достигая максимума при 60 °С, крахмал поглощает всю свободную воду и клейстеризуется. Имеющейся в тесте влаги недостаточно для полной клейстеризации крахмала, поэтому большая часть его сохраняет кристаллическую структуру. В изделии образуется белковый каркас, в который вкраплены зёрна набухшего крахмала.

Свернувшиеся белки закрепляют пористую структуру мякиша и форму изделия, образуя скелет хлеба. Частично клейстеризованный крахмал приобретает упругость и придаёт мякишу хлеба эластичность.

Влажность мякиша горячего хлеба повышается по сравнению с влажностью теста за счёт влаги, перешедшей из верхнего слоя заготовки.

Объём выпеченного изделия на 10–30 % больше объёма тестовой заготовки перед посадкой её в печь. Увеличение объёма происходит главным образом в начале выпечки в результате остаточного спиртового брожения, перехода этилового спирта при температуре 79 °С в парообразное состояние, а также теплового расширения паров и газов в тестовой заготовке. Увеличение объёма теста и хлеба улучшает внешний вид, пористость и усвояемость изделия. Замедление или прекращение подъёма теста обусловлено образованием корки на поверхности изделия из-за слишком высокой температуры в пекарной камере. При низкой температуре выпечки затягивается период прогрева теста, а следовательно, образование корки и подкоркового слоя мякиша, что приводит к «опаданию» изделия из-за неспособности теста удерживать уже достигнутый объём.

Немаловажную роль в увеличении объёма хлеба играет увлажнение среды пекарной камеры. Наличие парообразной влаги замедляет образование корки и уменьшает её толщину, что приводит к увеличению высоты и объёма хлеба (табл. 37).

Таблица 37

Влияние условий выпечки хлеба на некоторые показатели качества продукции (масса штуки хлеба 400 г)

Условия выпечки	Формовой пшеничный хлеб		Подовый пшеничный хлеб	
	объем хлеба, $см^3$	толщина верхней корки, мм	отношение H: D	толщина верхней корки, мм
Без увлажнения	1013	3,2	0,27	1,3
С увлажнением	1106	2,5	0,40	0,5

При выпечке хлеба завершается процесс образования вкусоароматических веществ. Выделено около 300 различных органических соединений, участвующих в образовании аромата хлеба, которые образуются на различных этапах его приготовления.

При выпечке хлеба происходит ***упёк.*** Упёком называют уменьшение массы тестовой заготовки во время выпечки, его выражают в процентах к массе теста перед посадкой в печь. В зависимости от температурно-влажностного режима в пекарной камере, способа выпечки, конструкции печи и вида хлеба упек колеблется от 6 до 14 %. Обусловлен упек в основном частичным испарением воды, этилового спирта, диоксида углерода, летучих кислот и других соединений с поверхности теста по мере превращения ее в корочку. Чем меньше масса заготовки, тем больше упёк; при равной массе тестовых заготовок упёк будет больше при большей удельной поверхности хлеба (площадь поверхности заготовки, отнесённая к массе изделия). У формового хлеба упек ниже, чем у подового, влияет на величину упёка и конфигурация хлебных форм.

В современном хлебопекарном производстве в основном используют печи с радиационно-конвективным прогревом выпекаемых изделий. Процесс выпечки в таких печах подразделяют на два периода:

1) *период переменного объёма*. В начале этого периода (1–3 мин) в печи поддерживают низкую температуру (100–120 °С) и высокую влажность (70–80 %). Пары воды конденсируются на поверхности тестовых заготовок, что способствует увеличению объёма теста. Затем температуру повышают

до 240–280 °С в зависимости от вида изделий, что позволяет температуре в центре мякиша подняться до 50–60 °С и создаёт градиент температуры во внутренних и поверхностных слоях. Вследствие этого образуется корочка, которая фиксирует достигнутый объём и препятствует опаданию теста, а также уменьшается упёк;

2) *период постоянного объёма*. Скорость прогрева мякиша определяется температурой в зоне испарения (100 °С) и не зависит от температуры в камере печи. Излишне высокая температура в этот период приводит к утолщению корочки и увеличению потерь за счёт упёка.

Продолжительность выпечки составляет 8–12 мин для мелкоштучных изделий и до 80 мин для крупного хлеба. Длительная выпечка замедляет черствение хлеба, но приводит к удорожанию процесса, поэтому продолжительность выпечки регламентируется технологическими инструкциями по каждому виду изделий.

Готовность хлебных изделий определяют по температуре центральной части мякиша хлеба (93–97 °С) и по комплексу органолептических показателей – упругости мякиша, его эластичности и др.

При выпечке некоторых видов и сортов хлеба используют дополнительные приёмы тепловой обработки, а также способы выпечки с другими механизмами подвода или генерации тепла (использование инфракрасных и коротковолновых излучений, в атмосфере насыщенного пара, с применением электроконтактного прогрева, в электромагнитном поле токов высокой и сверхвысокой частоты и др.).

При выпечке подовых сортов ржаного хлеба применяют предварительную обжарку заготовок при температуре 320–350 °С в течение 4–5 мин или выпечку со значительной удаленностью тестовых заготовок друг от друга.

Важный технологический показатель в хлебопекарном производстве – ***выход хлеба***, под которым понимают отношение массы готового изделия к массе муки (или массе использованных продуктов), выраженное в процентах. Государ-

ственным НИИ хлебопекарной промышленности разработаны инструкции для расчёта выхода хлеба с учётом влажности сырья, теста, технологических потерь.

Выход хлеба составляет,%: для ржаного – 148–165; ржано-пшеничного – 133–160; пшеничного – 130–157; для сдобных изделий – 128–184. Выход хлеба обусловливают две группы факторов. В первой группе факторы, определяющие выход теста (хлебопекарные свойства муки и её влажность, влажность теста и количество дополнительного сырья). Установление норм выхода хлеба проводят на муку базисной влажности. Во второй группе – технологические затраты и потери.

Хранение и транспортирование хлеба. После выпечки хлеб направляют в хлебохранилище, а затем в экспедицию для отправки в торговую сеть. Штучный хлеб отправляют с хлебозавода не позднее 4 ч после выпечки, весовой – не позднее 10 ч.

Хлебохранилище располагают в чистом, сухом и хорошо проветриваемом помещении. В нём нельзя хранить другие продукты и материалы, а также держать бракованные изделия.

В хлебохранилище из печи хлеб подаётся ленточными транспортёрами на циркуляционные столы, с которых его перекладывают на вагонетки-стеллажи. Температура в хлебохранилище около 8–15 °С, относительная влажность воздуха 70–75 %.

Для предупреждения инфицирования хлеба микроорганизмами и черствения его можно в таре посыпать горчичным порошком в количестве 50 г на 8 кг хлеба.

Температура корочки хлеба на выходе из печи достигает на поверхности 180 °С, на границе с мякишем – 100 °С, влажность корочки близка к 0 %. В хранилище хлеб начинает быстро остывать, теряя температуру от наружных слоёв к центру, что способствует перемещению влаги из центра мякиша к подкорочному слою и корке. По мере остывания хлеба влажность корки повышается до 12–14 % за первые 2–4 ч хранения и сохраняется на таком уровне при дальнейшем хранении. Влага внутренних слоёв мякиша перемещается к поверхности и, пройдя через корочку, испаряется, а влажность внутренних

слоёв изделия уменьшается. Это приводит к потере массы хлеба. Уменьшение массы хлеба в процессе остывания и хранения называют ***усушкой*** и выражают в процентах к массе горячего хлеба. Величина усушки колеблется в зависимости от вида хлебного изделия от 1 до 6 %.

Всё время усыхания хлеба делят на два периода: в первом периоде скорость усыхания уменьшается из-за снижения температуры хлеба, во втором, когда температура хлеба равна температуре окружающей среды, усыхание идет с постоянной скоростью. На скорость усыхания хлеба оказывают влияние температура, относительная влажность воздуха и скорость его движения в хлебохранилище, способ выпечки (в формах или на поду), увлажнения поверхности хлеба в конце выпечки или сразу после его выхода из печи. Регулируя все факторы, особенно в первом периоде, можно значительно уменьшить потери на усыхание хлеба.

Через 8–10 ч хранения хлеба начинается его ***черствение***: изменяются вкус и состояние корки (она становится твёрдой), ослабевает запах, снижаются эластичность и сжимаемость мякиша, возрастает крошковатость. Чёрствый хлеб с трудом пережёвывается. Черствение связывают с изменениями в структуре мякиша хлеба, с уплотнением и уменьшением в объёме крахмальных гранул. Различные технологические приёмы позволяют удлинить период до начала черствения хлеба: подбор основного и дополнительного сырья, способы приготовления теста, режимы выпечки, использование улучшителей и добавок, замораживание при низкой температуре (минус 20–30 °С), применение упаковки из полимерных материалов, хранение в кондиционируемых камерах и контейнерах.

Все упаковочные материалы должны быть безвредными, не реагировать с веществами хлеба, быть непроницаемыми для паров и газов. Перед упаковкой изделия охлаждают, в термоусадочную пленку – упаковывают горячими. Упаковка не только задерживает очерствение изделий на 4–5 суток, но позволяет хранить и транспортировать их в хорошем санитарном состоянии.

Для хранения хлеба установлены максимальные сроки с учётом очерствления различных видов изделий (табл. 38), после чего изделия бракуют как зачерствевшие.

Таблица 38

Сроки хранения хлебобулочных изделий, ч

Изделия	Максимально допустимые сроки выдержки на предприятии	Сроки реализации в торговле
Весовые и штучные из ржаной обойной, ржано-пшеничной, пшеничной обойной и обдирной муки	14	36
Хлебобулочные из пшеничной сортовой и ржаной сортовой муки массой более 200 г	10	24
Мелкоштучные из пшеничной сортовой и ржаной сеяной муки, массой 200 г и менее	6	16

Сроки хранения изделий на хлебопекарных предприятиях исчисляются с момента выхода хлеба из печи до момента доставки его к месту торговли.

Освежение чёрствого хлеба осуществляется путем прогрева его до температуры в центре мякиша около 60 °С и влажности изделия не менее 30 %.

Показатели качества хлеба. Качество хлеба и методы его оценки нормируются стандартами, в которых предусмотрены органолептические и физико-химические показатели.

Соответствие партии хлеба и хлебобулочных изделий требованиям стандарта или технических условий по внешним признакам определяется выборочно, путём осмотра всего хлеба на 2–3 лотках каждого стеллажа, а при хранении хлеба на полках осматриваются 10 % изделий от каждой полки.

Среднюю пробу отбирают от каждых 10 лотков или ящиков в следующих количествах: при массе отдельного изделия от 1 до 3 кг – 0,2 % всей партии, но не менее 5 шт.; при массе изделия менее 1 кг – 0,3 % всей партии, но не менее 10 шт. От

средней пробы в качестве лабораторных образцов отбирают типичные изделия в количестве: весовых и штучных изделий массой более 400 г – 1 шт.; штучных массой от 200 до 400 г – не менее 2 шт.; штучных массой от 100 до 200 г – не менее 3 шт.; штучных массой менее 100 г – 6 шт.

При ***органолептической характеристике*** отобранную среднюю пробу осматривают всю целиком и устанавливают форму хлеба, окраску и состояние корок. Затем из средней пробы отбирают пять типичных изделий, разрезают и у каждого определяют запах, вкус, состояние мякиша.

Внешний вид характеризуют по состоянию поверхности, форме и окраске изделия. Поверхность хлеба должна быть гладкой и блестящей, без крупных трещин (не более 1 см) и подрывов (охватывают всю длину одной стороны – у формового и более половины окружности – у подового). Форма изделия должна соответствовать сорту хлеба, не иметь боковых наплывов. Цвет корок у хлеба из ржи или ржано-пшеничных сортов – коричневый, у пшеничных хлебов – от светло-жёлтого до тёмно-коричневого. Не допускаются подгорелости и отслоение корки от мякиша. У многих видов изделий нормируется толщина корок: для ржано-пшеничных и ржаных изделий – 3–4 мм, для пшеничных – 1,5–3 мм.

Вкус и запах хлеба должны быть свойственными данному сорту. Не допускаются кислый, горький, пересоленый вкус, хруст, затхлый и посторонние запахи.

Состояние мякиша характеризуется пористостью, эластичностью, промесом, пропечённостью. Поры должны располагаться равномерно, быть тонкостенными, в мякише не должно быть больших пустот и «закала» – плотного беспористого слоя, расположенного у нижней корки. Консистенцию (липкость, влажность) и эластичность мякиша устанавливают, слегка надавливая на него пальцем. В нормальном мякише ямка, образовавшаяся при нажиме, быстро исчезает и форма изделия восстанавливается.

Для определения ***крошливости*** кусочки мякиша скатывают в шарики. Мякиш свежего хлеба пластичен, легко ска-

тывается в беспористый шарик, мякиш чёрствого – крошится, рассыпается.

При осмотре корки и разреза хлеба устанавливают наличие (отсутствие) болезней, главным образом плесеней и картофельной болезни. Пораженный хлеб имеет темно-коричневые или грязно-бурые слизистые пятна в мякише и специфический неприятный запах. Такой хлеб не пригоден к употреблению.

Физико-химические показатели качества хлеба (влажность, кислотность и пористость) характеризуют соблюдение рецептуры и ведения технологического процесса (табл. 39). В некоторых видах улучшенных и сдобных изделий дополнительно определяют содержание жира и сахара. В отдельных случаях определяют содержание токсических элементов, микотоксинов и пестицидов.

Влажность хлебных изделий заложена в стандартах с учётом вида хлеба, способа выпечки и рецептуры: для ржаного простого и заварного – не более 51 %; для пшеничного хлеба – от 39 до 50 %.

Таблица 39

Нормы качества хлеба по физико-химическим показателям (ГОСТ 28808–90 и ГОСТ 28807–90)

Группа хлеба	Влажность мякиша,%	Кислотность мякиша, град.	Пористость, не менее,%
Из муки пшеничной обойной и смеси обойной и 2-го сорта	44–50	4,5–8,0	54
Из муки пшеничной 2-го сорта и смеси 2-го и 1-го сорта	40–48	3,0–5,0	63
Из муки пшеничной 1-го сорта	40–47	2,5–4,0	65
Из муки пшеничной высшего сорта	39–46	2,5–3,5	68
Из муки ржаной обойной	46–53	8,0–13,0	44
Из ржаной обдирной муки	46–51	8,0–12,0	44
Из ржаной сеяной муки	43–51	7,0–11,0	50
Из смеси ржаной и пшеничной муки	41–53	5,5–12,0	46

Кислотность выражается градусами Неймана и, в зависимости от сорта муки и способа приготовления теста, колеблется от 2,5 до 13 град. Допускается увеличение кислотности на 1 град. в хлебе, изготовленном с использованием молочно-кислых заквасок, молочно-кислых продуктов, жидких или смеси жидких и прессованных дрожжей, а также при необходимости предотвращения картофельной болезни.

Пористость пшеничного хлеба выше, чем ржаного, а формового больше, чем подового. Повышение сортности муки увеличивает пористость.

Конкретная характеристика для каждого вида хлеба должна быть приведена в рецептуре.

Дефекты и болезни хлеба. В действующих стандартах на все виды хлебных изделий имеются подробные характеристики дефектов, при наличии которых хлеб не может поступать на реализацию. Причин, вызывающих те или иные дефекты, много, но зная основы технологического процесса приготовления хлеба, можно предвидеть, как проявятся дефекты и что надо сделать для предупреждения их появления.

Все причины, обусловливающие появление дефектов хлеба, можно объединить в три группы: качество основного и дополнительного сырья; нарушение технологии производства хлеба; неправильное хранение и транспортирование готовых изделий. Для любого дефекта качества хлеба возможны не одна, а несколько причин. Поэтому при анализе каждой конкретной ситуации необходимо перечислить все возможные причины и, восстанавливая характеристику качества сырья, параметры режима ведения всех фаз технологического процесса, устанавливать причину дефектности хлеба данной партии. В прил. 15 приведены наиболее распространённые дефекты хлебобулочных изделий, причины их возникновения и способы устранения.

Болезни хлеба обусловлены развитием соответствующих микроорганизмов. Наиболее известны плесневение и картофельная болезнь хлеба, менее распространены – меловая и кровяная болезни.

Плесневение хлеба. Плесневые грибы широко распространены в природе, поэтому зерно и мука всегда содержат некоторое их количество. При прогреве тестовой заготовки и выпечке хлеба плесневые грибы и их споры полностью погибают. Плесневение хлеба вызывается попаданием плесеней и их спор на уже выпеченный хлеб. Плесень сначала развивается на поверхности хлеба, а затем через трещины проникает внутрь мякиша. Плесневелый хлеб приобретает неприятный вкус и запах. Некоторые виды плесневых грибов образуют токсичные для человека продукты жизнедеятельности.

Развитие и рост плесневых грибов возможны при температуре от 5 до 50 °С и повышенной влажности воздуха в хлебохранилище.

Заворачивание хлеба в обычные упаковочные материалы, приводящее к быстрому увеличению влажности корки, способствует его плесневению. Предотвратить плесневение хлеба при длительном хранении возможно внесением в тесто химических консервантов (сорбиновая кислота и её соли); упаковкой в герметичную влагонепроницаемую термостойкую плёнку с последующей тепловой стерилизацией; заворачиванием хлеба в плёнку или бумагу, пропитанную сорбиновой кислотой, с последующей герметичной упаковкой. Предотвратить плесневение обычного хлеба можно ускоренным охлаждением в контейнерах и вагонетках путём усиленной вентиляции.

Возбудителями картофельной болезни являются бактерии рода *Bacillus subtilis*. Бактерии картофельной палочки попадают в муку при размоле зерна, которое в различной степени практически всегда обсеменено ее спорами. Оптимальными условиями для развития картофельной палочки являются температура около 40 °С, наличие влаги и питательной среды, пониженная кислотность (pH 5–10). Палочка не выдерживает нагревания до 80 °С, но её споры остаются жизнеспособными при температуре 120 °С в течение часа.

Продукты распада белков, образующиеся под действием протеолитических ферментов картофельной палочки, обладают резким специфическим запахом, поэтому хлеб, поражённый этой болезнью, приобретает неприятный запах, имеет липкий мякиш, который при сильном поражении тянется нитями.

На мукомольных и хлебопекарных предприятиях зерно и муку периодически обследуют на зараженность картофельной палочкой, результаты записывают в специальный журнал и в удостоверение о качестве в следующей формулировке:

– не выявлена заражённость через 24 ч;

– выявлена заражённость через 24 ч;

– выявлена заражённость через 36 ч.

Мука пшеничная с выявленным поражением картофельной палочкой через 24 и 36 ч может быть использована для выработки бараночных, сухарных изделий, пряников и мелкоштучных (до 200 г) изделий, а также для выработки ржано-пшеничных сортов хлеба. При выработке пшеничного хлеба из муки с выявленной заражённостью картофельной палочкой более 36 ч соблюдаются корректировочные технологические мероприятия:

– выработка пшеничного хлеба с кислотностью, превышающей установленную норму на 1 град.;

– добавление в тесто специальных пищевых добавок антибактериального действия, уничтожающих споры картофельной палочки;

– ускоренное охлаждение хлеба после выпечки.

К антибактериальным пищевым добавкам, воздействующим непосредственно на споры картофельной палочки, относится «Селектин» (ТУ 9291–009–00479997–98), разработанный Государственным НИИ хлебопекарной промышленности. Дозировка «Селектина» на 100 кг муки составляет: при развитии картофельной болезни через 24 ч – 80–100 г; при развитии болезни через 36 ч – 50 г.

После переработки партий муки с признаками картофельной болезни проводят санитарную обработку и дезинфек-

цию оборудования и помещений в соответствии с СанПиН 2.3.4.545–96 «Производство хлеба, хлебобулочных и кондитерских изделий», а также инструкциями по порядку применения дезинфицирующих средств на предприятиях хлебопекарной промышленности.

Меловая болезнь вызывается дрожжеподобными грибами *Endomyces fibuliger* или *Monilia variabilis*, которые попадают в хлеб из муки. В результате их развития на корке и в мякише хлеба образуются белые сухие пятна, напоминающие мел.

«Чудесная палочка» – бесспоровая бактерия *Micrococcus prodigiosum*, встречающаяся очень редко, образует в мякише пигмент красного цвета. Оптимальная температура для роста и развития «чудесной палочки» – 25–35 °С, при температуре 40 °С этот микроорганизм погибает. Бактерия осахаривает крахмал и разлагает белки хлеба. Поражённый хлеб теряет товарный вид и не пригоден к употреблению.

Контрольные вопросы

1. Чем обусловлено большое значение хлеба в питании человека?
2. Основные способы повышения пищевой ценности хлебных изделий.
3. Этапы производства хлеба.
4. Что относят к основному сырью в хлебопекарном производстве? Правила приёма и хранения основного сырья.
5. Правила смешивания муки перед запуском её в производство.
6. Технологическая подготовка воды и нормы её расхода в хлебопечении.
7. Основные характеристики хлебопекарных дрожжей. Что такое бродильная активность дрожжей?
8. Особенности хранения и подготовки к производственному процессу прессованных, сухих, замороженных, жидких дрожжей и дрожжевых заквасок.

9. Что относят к дополнительному сырью при хлебопечении? Особенности хранения и подготовки его производству.

10. Что такое замес теста, от чего зависит его интенсивность и продолжительность?

11. Основные способы приготовления пшеничного теста.

12. Что такое брожение и созревание теста? Какие процессы происходят во время брожения и созревания?

13. Факторы, влияющие на интенсивность созревания теста, и способы ускорения этого процесса.

14.Что характеризует кислотность теста и как её определяют?

15. Какие операции включает разделка теста?

16. Расскажите о процессах, протекающих при выпечке хлеба.

17. Охарактеризуйте периоды процесса выпечки хлебобулочных изделий.

18. От чего зависит выход хлеба?

19. Что такое упек и усушка хлеба?

20. Особенности хранения и транспортирования свежеиспечённых хлебобулочных изделий.

21. Признаки черствения хлеба, меры предупреждения черствения и допустимые сроки хранения хлебобулочных изделий.

22. Какие требования предъявляются к упаковочным материалам, применяемым при хранении хлеба?

23. Порядок определения качества хлебобулочных изделий, основные показатели качества хлеба.

24. Основные причины появления дефектов хлеба.

25. Наиболее распространенные болезни хлеба, меры их предупреждения.

15. КРУПЯНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Второй по значимости продукт питания (после муки), вырабатываемый из зерна некоторых сельскохозяйственных культур, – крупы. Физиологические нормы питания человека предусматривают введение в рацион различных круп, в среднем на душу населения 9–13 кг в год.

Крупяное производство – отрасль пищевой промышленности по переработке зерна в крупу. Основную массу зернового сырья перерабатывают на крупяных заводах или крупяных цехах мельничных предприятий. Предприятия малой мощности (до нескольких тонн в сутки) называются крупорушками.

Культуры, зерно которых используют для производства крупы, называют крупяными, к ним относят рис, просо, гречиху. Широко применяют для производства крупы овёс, ячмень, пшеницу, горох, кукурузу, реже – сорго, чечевицу, чумизу. Предпочтение отдаётся крупам из гречихи, риса и бобовых, богатых белками.

Особенности строения зерна различных культур определяют способы его переработки. В нашей стране вырабатываются следующие виды круп:

– из гречихи – ядрица, ядрица быстроразваривающаяся, продел, продел быстроразваривающийся;

– из риса – рис шлифованный и полированный, рис дроблёный шлифованный;

– из проса – пшено шлифованное;

– из овса – крупа недроблёная, крупа плющеная, хлопья «Геркулес» и «Экстра», толокно;

– из ячменя – перловая крупа, ячневая крупа;

– из кукурузы – крупа шлифованная, крупа крупная для хлопьев, крупа мелкая для палочек;

– из пшеницы – «Полтавская», «Артек», крупа манная: из мягкой пшеницы – марка М; из твёрдой пшеницы – марка Т; смеси мягкой (80 %) и твёрдой (20 %) – марка ТМ;

– из гороха – горох лущёный, полированный (целый и колотый).

Крупу из целого ядра делят на сорта, самые низкие сорта вырабатывают из зерна пониженного качества. Дроблёную крупу разделяют по крупности на фракции, и каждой фракции присваивается номер. Чем больше номер, тем мельче крупа. Кроме того, номерная крупа характеризуется выравненностью, которая должна составлять не менее 80–75 %.

На выход и качество крупы влияют многие показатели качества зерна – крупность, выравненность, плёнчатость, влажность, засоренность и др. Качество крупы зависит от содержания в ней доброкачественного ядра, нешелушеных и битых зёрен, примесей, содержания испорченного ядра.

Основа технологического процесса производства круп – механическое отделение покровных тканей (оболочек) зерна и последующая обработка ядра. Общая схема технологического процесса состоит из трёх этапов: подготовка сырья к переработке, переработка зерна в крупу, затаривание и отпуск готовой продукции. В зависимости от вида зерна и сорта получаемой крупы на каждом этапе возможны разветвленные цепочки технологических операций. На сельскохозяйственных крупяных предприятиях технологические схемы имеют упрощённый вариант.

Подготовка сырья к переработке включает его очистку и гидротермическую обработку. Зерно от примесей очищают на воздушно-ситовых сепараторах, триерах, аспираторах, камнеотборниках, остеломателях, крупяных рассевах, магнитных аппаратах. На многих предприятиях зерно калибруют, так как выравненное по размерам сырьё лучше и легче подвергается шелушению, облегчает подбор рабочего зазора в шелушильных машинах. Калибрование проводят на крупосортировках, рассевах и, при переработке овса, на триерах.

Гидротермическая обработка (ГТО) зерна улучшает его технологические свойства: облегчается отделение оболочек при шелушении, снижается дробимость ядра, улучшаются потребительские свойства крупы (сокращается продолжи-

тельность варки, повышается стойкость крупы при хранении). Наиболее распространены два способа ГТО:

– первый способ включает операции: пропаривание, сушка, охлаждение. Пропаривание проводят при температуре выше 10 °С и давлении около 0,3 МПа. В результате химических преобразований ядро пластифицируется, происходит частичная клейстеризация крахмала. Сушка после пропаривания повышает хрупкость наружных оболочек, возникающие в зерне механические напряжения приводят к отслаиванию оболочек. Охлаждение дополнительно снижает влажность зерна и повышает хрупкость оболочек. Чрезмерное подсушивание и охлаждение сырья приводят к повышению хрупкости ядра и снижению выхода недроблёной крупы. Первый способ ГТО применяют при переработке гречихи, овса и гороха;

– второй способ ГТО предусматривает две операции: увлажнение и отволаживание. Применяют это способ в основном для пшеницы и кукурузы, реже – овса. Зерно увлажняют водой с температурой около 40 °С в специальных аппаратах или обрабатывают в пропаривателях при низком давлении пара. Увлажнённое зерно отволаживают в бункере в течение 1–3 ч. Зерно, прошедшее увлажнение и отволаживание, имеет повышенную пластичность и меньше дробится при шелушении. Гидротермическую обработку следует проводить непосредственно перед шелушением. В некоторых технологических схемах переработки пшеницы и ячменя может быть предусмотрена операция предварительного шелушения.

Для устойчивой работы предприятия необходимо иметь оперативный запас сырья на 24–36 ч непрерывной работы технологической линии.

Шелушение зерна – это операция по отделению наружных плёнок от зерна. Существует три способа шелушения, выбор одного из них зависит от строения зерна, прочности ядра и его связи с оболочками, ассортимента получаемой продукции.

Первый способ шелушения, основанный на эффекте сжатия и сдвига, применяют для зерна, у которого оболочки не срослись с ядром (проса, гречихи, риса, овса).

При втором способе шелушения зерно однократно или многократно ударяется о внутреннюю рабочую поверхность станка. Этот способ применим для сырья с несросшимися плёнками или при получении дроблёной номерной крупы. Шелушение однократным ударом применяют для овса, используя центробежные шелушители. Для шелушения многократным ударом предназначены обоечные и бичевые машины, которые применяют для ячменя, пшеницы, кукурузы и овса.

Третий способ – постепенное истирание оболочек зерновки в результате трения о движущиеся шероховатые поверхности. Шелушение истиранием применяют для сырья, у которого пленки плотно срослись с зерном (ячменя, пшеницы, кукурузы, гороха). Зерно в процессе движения в рабочей зоне шелушителя постоянно соприкасается с 6–7 абразивными дисками, ситовой поверхностью и с другими зёрнами. Истирание сопровождается выделением значительного количества тепла, которое необходимо отводить из рабочей зоны.

Шелушение должно обеспечивать как можно более полное отделение плёнок от ядра и максимальное сохранение целостности ядра. Эффективность шелушения оценивается по *коэффициенту шелушения*, выраженному в процентах:

$$К_{ш} = \frac{(Н_1 - Н_2) \cdot 100}{Н_1}, \qquad (11)$$

где $Н_1$, $Н_2$ – содержание нешелушеных зерен в продукте, поступающем в машину и выходящем из нее,%.

Повысить коэффициент шелушения можно тщательной регулировкой машин перед поступлением в переработку каждой партии зерна.

В процессе механической обработки (шелушения) получается смесь различных продуктов – шелушеное ядро, недо-

статочно обрушенное зерно, лузга, дроблёное ядро, мучка. Для разделения продуктов смесь подвергают сортированию на различных машинах: дроблёное ядро и мучку выделяют в просеивающих машинах; лузгу – в аспираторах; шелушеные и недостаточно обрушенные зерна разделяют в крупоотделительных машинах. Набор машин для проведения сортирования зависит от вида зерна и фактического коэффициента шелушения.

Качество шелушения оценивают коэффициентом цельности ядра:

$$К_{ц.я} = \frac{К_2 - К_1}{(К_2 - К_1) + (Д_2 - Д_1) + (М_2 - М_1)}, \qquad (12)$$

где $К_1$, $Д_1$, $М_1$ и $К_2$, $Д_2$, $М_2$ – содержание целого, дробленого ядра и мучки соответственно в исходном продукте и в продукте шелушения,%.

После разделения продуктов шелушеное зерно направляют на ***шлифование*,** которое способствует удалению остатков цветочных пленок, плодовых или семенных оболочек, частично алейронового слоя и зародышей. Шлифование улучшает товарный вид крупы, повышает её разваримость, усвояемость и стойкость при хранении. Степень шлифования оценивают изменением зольности крупы, её белизной, количеством образовавшейся мучки. На практике эффективность шлифования чаще определяют, сравнивая крупу с эталонами.

Некоторые виды и сорта круп после шлифования полируют. При *полировании* с обрабатываемой поверхности удаляется мучка, заглаживаются царапины, что придаёт крупе красивый вид и однородный тон.

Шлифование и полирование крупы также основаны на трении продукта о рабочие поверхности шлифовальных машин, и некоторые машины могут выполнять обе эти операции при замене для полирования рабочей поверхности на более мелкий абразивный материал.

Технологический процесс на крупяном предприятии характеризуется нормами выхода крупы, побочных продуктов и отходов.

Выход крупы определяют как количество её от массы переработанной продукции в процентах. Зависит выход крупы от свойств зерна (крупности, выравненности, у плёнчатых культур – и от содержания цветочных плёнок), а также от регулировок технологического оборудования. Установлены нормы выхода готовой продукции при переработке различных видов зерна. Обычно получают (%): из проса – пшено шлифованное – 65, дроблёнка кормовая – 4, мучка кормовая – 7,5, лузга – 15,5, отходы – 7; из гречихи (с ГТО) – крупа ядрица – 62, крупа продел – 5, мучка кормовая – 3,5, лузга – 20,8, отходы – 7,2; из риса – рис шлифованный – 55, рис дроблёный – 10, мучка кормовая – 12,2, лузга – 18,4, отходы – 3,7; из овса (при переработке на крупу и хлопья) – крупа – 39,5, хлопья – 5,5, мучка и дроблёнка кормовая – 15,5, лузга – 27, отходы – 3,5, мелкий овёс – 5; из ячменя (при производстве крупы перловой) – № 1 и 2 – 36, № 3 и 4 – 8, № 5 – 1, мучка кормовая – 40, лузга – 7, мелкий ячмень – 5, отходы –1,7; из ячменя (при производстве крупы ячневой) – № 1 – 15, № 2 – 43, № 3 – 7, мучка кормовая – 18, лузга – 7, мелкий ячмень – 5, отходы – 3; из пшеницы – крупа «Полтавская» № 1 и 2 – 8, № 3 и 4 – 43, крупа «Артек» – 12, мучка кормовая – 30, отходы – 6.

На современных крупяных предприятиях постоянно расширяется ассортимент выпускаемой продукции, повышается качество и питательность крупяных продуктов, сокращаются сроки готовности их при кулинарной обработке. Выпускаются готовые крупы – овсяные, ячменные и кукурузные хлопья, получаемые путём сплющивания крупы на гладких или мелко нарезанных вальцах с дополнительным пропариванием или обжаркой в печах (кукурузные хлопья). Вспученные зёрна пшеницы, риса и кукурузы получают при нагревании под давлением 12–15 атм. Мюсли, не требующие в дальнейшем тепловой обработки, варят в сиропе из солода, сахара и соли. Обогащение применяют

чаще для круп из дроблёных фракций. В качестве обогатителей используют сухое молоко и яичный белок, витамины, микроэлементы.

Технологический контроль производства осуществляется в соответствии с «Правилами организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях». Технохимический контроль заключается в определении качества зерна, наблюдении за его размещением и хранением, контроле за подготовкой сырья к производству и переработкой зерна в крупу, оценке качества готовой продукции.

Качество круп и методы его определения нормированы стандартами. К обязательным показателям при оценке круп относятся:

– сенсорные (цвет, запах, вкус);

– влажность (обычно в пределах 12–15 %);

– заражённость – не допускается;

– засорённость – нормируется по содержанию примесей, особенно вредных, испорченного и битого зерна, мучели, металлопримесей, необрушенного зерна.

Определяются также кулинарные достоинства крупы. В эту оценку входят цвет, вкус и структура сваренной каши, продолжительность её варки и коэффициент развариваемости, под которым понимают отношение объёма каши (мл) к объёму крупы (мл), взятой для варки. В зависимости от сортовых особенностей сырья, способов его обработки и ассортимента круп коэффициент развариваемости их различен и колеблется в пределах: для пшена – от 4,0 до 5,2; риса – от 4,3 до 5,2; гречихи – от 3,2 до 4,0; овсяных – от 3,3 до 4,1; перловых круп – от 5,5 до 6,6.

Упаковку, размещение и хранение круп проводят в соответствии с ГОСТ 26791–89 «Продукты переработки зерна. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение». Хранят готовую продукцию в мешках, уложенных на деревянные поддоны. Высота укладки мешков от 6 до 14 рядов в зависимости от вида крупы, её влажности и времени года. Штабеля размещают на расстоянии 0,7 м от стены и 1,25 м

друг от друга. Предельные сроки хранения готовой продукции в зависимости от вида крупы и региона составляют от 4 до 24 месяцев.

Контрольные вопросы

1. Значение крупяных культур в питании человека.
2. Как влияют показатели качества зерна на выход и качество крупы?
3. Этапы технологического процесса производства круп.
4. Из каких операций состоит подготовка зерна к переработке его в крупу?
5. Что такое гидротермическая обработка и на какие свойства зерна она влияет?
6. Первый способ ГТО.
7. Особенности второго способа ГТО.
8. Шелушение зерна и его способы шелушения.
9. Как оценивается эффективность шелушения зерна?
10. Для чего в крупяном производстве применяют шлифование и полирование?
11. Что такое выход крупы? Какие факторы влияют на этот показатель?
12. Новые вид круп. В чем особенности их производства?
13. Как осуществляется технологический и технохимический контроль в крупяном производстве?
14. Основные показатели качества круп.
15. Как размещают и хранят крупы?

16. ПРОИЗВОДСТВО КОМБИКОРМОВ

Хозяйственное значение комбикормов и их классификация. Кормление оказывает решающее влияние на рост, развитие, здоровье и продуктивность сельскохозяйственных животных, птиц и рыб. Продуктивные качества животных почти на 60 % обусловлены состоянием кормовой базы и организацией кормления. Полноценность кормления зависит от сбалансированности рационов, которые должны удовлетворять потребность животных в питательных и минеральных веществах, витаминах и биологически активных веществах в определённые периоды их жизни и в зависимости от их производственного назначения. Отдельные корма не содержат в необходимом количестве всех обязательных элементов питания и поэтому не могут считаться полноценными. Правильной комбинацией кормов можно повысить энергетическую питательность смесей, так как недостаток некоторых компонентов в одном корме восполняется их наличием в другом.

Современное животноводство во всём мире базируется на использовании в кормлении животных, птиц и рыбы специально подготовленных комбинированных кормов (комбикормов). Комбикорм – готовая кормовая смесь, составленная по научно обоснованным рецептам, предусматривающим наиболее эффективное использование животными питательных веществ. Промышленное производство комбикормов освобождает хозяйства от многих трудоёмких процессов по приготовлению кормов, от подготовки их к скармливанию. При использовании комбикормов на 25–30 % повышается продуктивность животных, сокращаются сроки откорма и затраты кормов на единицу продукции, улучшается качество конечного продукта, снижается его себестоимость.

Комбикормом называют следующие виды кормов:

– ***кормовая смесь*** – однородный продукт, состоящий из кормовых компонентов, используемых в кормлении животных, но не содержащий полного набора питательных веществ;

– ***комбикорм-концентрат*** – комбикорм с повышенным содержанием протеина, минеральных веществ и микродобавок, скармливаемый с сочными, зерновыми или грубыми кормовыми средствами для обеспечения биологически полноценного кормления животных;

– ***полноценный комбикорм*** – корм, который полностью обеспечивает потребности данного вида животных, и при его использовании добавления других кормов не требуется;

– ***белково-витаминная добавка (БВД)*** –однородная смесь высокобелковых и минеральных компонентов и микродобавок, измельчённых до определённых размеров. БВД не используют самостоятельно, их добавляют в различные комбикорма для повышения кормовой ценности;

– ***премикс*** – однородная высокодисперсная смесь биологически активных веществ (микроэлементов, витаминов, антибиотиков, антиоксидантов, транквилизаторов и др.) и наполнителя в виде мелких отрубей, соевого шрота, зерна грубого помола и т. п. Премиксы, содержащие повышенные дозы лекарственных препаратов, витаминов и специальных добавок, называют лечебными (профилактическими) и применяют по указаниям ветеринарных врачей. Премиксы добавляют в комбикорма в ограниченных количествах, не более 1 %;

– ***карбамидный концентрат*** – кормовой продукт, который применяют только для взрослых жвачных животных в строго ограниченных количествах. В состав карбамидного концентрата входят (%): дроблёное зерно (ячменя, пшеницы, кукурузы) – 75–85, мочевина – 10–25, бентонит – 5 (табл. 40);

– ***белково-витаминная добавка на основе карбамидного концентрата*** – однородная смесь измельчённых компонентов: карбамидного концентрата, отрубей, шротов, травяной муки, поваренной соли и др. Смеси вырабатывают по утверждённым рецептам и используют для производства комбикормов и кормовых смесей для жвачных животных.

Таблица 40

Рецепты карбамидного концентрата для жвачных животных*%*

Компоненты	Номер рецепта				
	1	2	3	4	5
Ячмень	75	85			
Пшеница			75		
Кукуруза				75	85
Карбамид	20	10	20	20	10
Бентонит	5	5	5	5	5

Для производства комбикормов используется более 100 видов сырья:

– зерно злаковых и бобовых растений, а также естественная зерновая смесь различных культур; зерновая смесь от первичной обработки;

– побочные кормовые продукты мукомольного и крупяного производства – отруби и мучка кормовая;

– дроблёнка овсяная; сечка гороховая;

– зародышевый продукт, отбираемый при переработке зерна в муку и крупу;

– побочные продукты маслоэкстракционных предприятий: жмыхи и шроты подсолнечные, соевые, рапсовые, льняные;

– жом (высушенные стружки свёклы, из которых выделен сахар) и меласса (кормовая патока) – сгущённый раствор, полученный при кристаллизации сахара;

– продукты предприятий крахмалопаточной промышленности: клейковина (глютен), мезга и шрот из зародышей зерна кукурузы и пшеницы, мезга картофеля;

– продукты предприятий бродильных производств: кормовые дрожжи, пивная дробина;

– кормовые продукты микробиологической промышленности: дрожжи, белотин, провит, кормовой концентрат лизина и др.;

– сырьё животного происхождения: отходы переработки рыбы и скота, продукты из морских млекопитающих и молочного производства (сухое обезжиренное молоко – СОМ, заменитель цельного молока – ЗЦМ);

– мука витаминная из древесной зелени хвойных и лиственных пород;

– корма травяные искусственно высушенные из бобовых и злаковых растений;

– мука и крупка водорослевая;

– новые кормовые продукты, разрешённые к использованию в комбикормовой промышленности.

Комбикорма вырабатывают по специальным рецептам, в которых указаны компоненты и их количество в соответствии с видом животных, их возрастом и предназначением. Животные одного вида и возраста могут выращиваться как маточное поголовье и на откорм, лошади бывают рабочие и рысистые,

крупный рогатый скот может быть молочного и мясного направления. Во всех случаях набор и количество составляющих в рецептуре комбикорма будет различным. В кормах для взрослого крупного рогатого скота предусмотрен больший процент компонентов с высоким содержанием клетчатки (см. табл. 40), в рецептах для молодняка предусматривается повышенная питательность, низкое содержание клетчатки, много кальция (табл. 41). В составе премиксов также учитываются особенности возрастных групп и назначение животных (табл. 42).

Таблица 41

Комбикорм-концентрат К-50–5 для поросят в возрасте до 60 дней

Компоненты	Содержание,%	Питательные вещества	Содержание в 1 кг комбикорма, г
Ячмень	40	Кормовые единицы	1,16
Кукуруза	22	Сырой протеин	189,00
Отруби пшеничные	9	Переваримый протеин	155,00
Шрот подсолнечный	7	Сырая клетчатка	42,00
Шрот соевый	7	Сырой жир	29,00
Мука травяная	2	Каротин	0,23
Сухое обезжиренное молоко	5	Лизин	9,26

Таблица 42

Рецепты премиксов для крупного рогатого скота (на 1 т корма)

Компоненты	Коровы с удоем до 4000 кг, нетели и телки старше 6 мес	Высокопродуктивные коровы	Телята до 6 месячного возраста
Витамины, млн МЕ			
А	500	2500	1000
D	240	270	200
Е	-	2000	-
Микроэлементы, г			
железо	-	-	1000
марганец	-	1040	1000
медь	450	450	500
цинк	2000	2000	2000
кобальт	100	100	25
йод	140	176	30

Практика передовых хозяйств в России и за рубежом показывает высокую целесообразность и экономическую эффективность снижения удельного веса зерна при выработке комбикормов. Многими исследованиями установлено, что замена фуражного зерна в комбикормах бобовыми добавками, жмыхами, шротами, патокой, сухим свекловичным жомом, кормовой мукой из картофеля и корнеплодов, кормовыми жирами, отходами фруктов и овощей, травяной мукой, а также добавка витаминов, микроэлементов, аминокислот и других БАВ способствуют повышению качества комбикормов и значительно сокращают расход зерна на фуражные цели.

При значительном многообразии рецептов и сложности состава каждого комбикорма было бы затруднительно их использование без определённой унификации. Всем группам комбикормов присвоен индекс: концентратам – К, полноценным комбикормам – ПК и т.д. Каждый рецепт обозначают двумя числами, которые пишут через черточку. Первое число – вид и группы животных или птицы (табл. 43), второе – порядковый номер рецепта для данной производственной группы (табл. 44). Индекс ставится перед цифрой, обозначающей номер рецепта. Например, рецепт К-60–4 означает, что это комбикорм – концентрат для дойных коров, а сам рецепт имеет номер 4.

Таблица 43

Нумерация рецептов комбикормов по виду и группе животных

Номер рецепта	Виды животных
1–9	Куры
10–19	Индейки
20–29	Утки
30–39	Гуси
40–49	Прочие птицы
50–59	Свиньи
60–69	Крупный рогатый скот
70–79	Лошади

Таблица 44

Варианты рецептов для индеек

Номер рецепта	Производственная группа птицы	Возраст птицы, сут
10	Индейки и несушки	-
11	Индюшата	От 1 до 14
12	Индюшата	От 15 до 60
13	Индюшата	От 61 до 120
14	Индюшата	От 121 до 180

Комбикорма вырабатывают в соответствии со сборником рецептов, но часто возникает необходимость составлять исполнительные рецепты исходя из наличия сырья на предприятии, заменяя те или иные компоненты. При замене должны быть учтены следующие правила:

– взаимозаменяемыми могут быть только компоненты, сходные по питательности и минеральному составу;

– отношение количества заменяемого компонента к количеству вводимого 1:1;

– необходимо выдерживать предельные нормы введения сырья, полученного из одного вида зерна;

– учитывать предельные нормы ввода компонента для данного вида животных (птиц) и ограничения по некоторым видам сырья.

При замене компонентов питательность и минеральный состав комбикормов рассчитывают с учётом качества фактически используемого сырья.

Взаимозаменяемыми являются следующие виды зернового сырья: кукуруза – пшеница; ячмень – овёс – просо – сорго; горох – соя – чечевица – люпин – кормовые бобы. Зерно злаковых бобовых может быть заменено дроблёнками этих культур. Отруби заменяют кормовыми мучками, ржаные отруби можно вводить вместо пшеничных в комбикорма для крупного рогатого скота и овец (за исключением телят и ягнят).

Взаимозаменяемы жмых и шроты подсолнечные, льняные, соевые, арахисовые. Жмыхи и шроты из семян капустных культур также взаимозаменяемы, их вводят в комбикорма

для рыб в количествах, предусмотренных соответствующими рецептами.

Сырьё животного происхождения (рыбная, мясная, кровяная мука) взаимозаменяемо при условии соблюдения общего количества протеина животного происхождения, заложенного в рецепт.

Кормовые дрожжи можно заменять рыбной, мясокостной, мясной и кровяной мукой в эквивалентном по содержанию в них протеина количестве. Взаимозаменяемы мел, известняк, ракушечная мука, мука костная, кормовой преципитат и обесфторенный фосфат.

Рецепты рассчитывают на основании методических указаний с помощью ЭВМ, руководствуясь нормативами стандартов и технических условий. Действующая нормативно-техническая документация предусматривает ограничения крупности комбикормов, содержание в них сырого протеина, кормовых единиц, обменной энергии, кальция, фосфора, незаменимых аминокислот. В новых стандартах упорядочены технологические характеристики и нормы.

Предприятия комбикормовой промышленности. В комбикормовой промышленности России насчитывается около 350 предприятий, способных производить 35–40 млн т комбикормов в год. Структура комбикормовой промышленности включает следующие предприятия: самостоятельные заводы; заводы и цеха в составе комбинатов хлебопродуктов; комбикормовые заводы и цеха в составе хлебоприёмных предприятий и элеваторов; межхозяйственные комбикормовые цеха в составе птицефабрик и животноводческих комплексов. Производительность действующих предприятий от 150 до 1000 т/сут комбикорма.

Современное комбикормовое предприятие должно иметь:

– развитую схему технологического процесса;

– технологические линии для раздельной качественной подготовки и переработки всех видов сырья, включая жидкие, а также линии гранулирования;

– возможность применения современных технологических приёмов многокомпонентного весового дозирования;

– резервные ёмкости для раздельного хранения с учётом показателей качества, необходимых запасов сырья и готовых кормовых смесей по их видам и разновидностям;

– высокий уровень механизации и автоматизации основного и вспомогательного оборудования.

В зависимости от степени технической оснащенности и развитости технологической схемы комбикормовые заводы классифицируют по типам:

1) заводы, работающие по традиционной технологии. К ним относят предприятия, не имеющие отдельных узлов предварительного дозирования и смешивания трудносыпучих, минеральных, зерновых и гранулированных компонентов. Все виды сырья подаются по самостоятельным линиям параллельными или последовательными потоками;

2) предприятия с одним узлом предварительного дозирования трудносыпучих компонентов. В основном это заводы, построенные по типовому проекту производительностью 315 т/сут. Объёмно-планировочными решениями этого проекта предусмотрено отдельно стоящее четырёхэтажное здание цеха предварительного дозирования и смешивания. В последние годы эти заводы реконструируют с увеличением производительности до 500 и 630 т/сут с сохранением узла предварительного дозирования;

3) комбикормовые заводы с двумя узлами предварительного дозирования: трудносыпучих компонентов; зернового и гранулированного сырья. В настоящее время предпочтение при строительстве и реконструкции комбикормовых предприятий отдаётся этому типу.

Технология приготовления комбикормов. Технология производства комбикормов представляет собой совокупность операций, последовательное выполнение которых позволяет получить из сырьевых компонентов, различающихся по комплексу физико-механических свойств, питательности и химическому составу, корм с заданными рецептурой параметрами.

Структура комбикормового производства предусматривает основные и вспомогательные процессы. К основным относят

процессы, непосредственно связанные с превращением исходного сырья в комбикорм, ко вторым – транспортирование, приём, размещение и хранение сырья; хранение и отпуск готовой продукции; переработку отходов основного производства.

Приготовление комбикормов включает следующие операции:

– приём, взвешивание и хранение сырья;
– очистку сырья от посторонних примесей;
– шелушение овса и ячменя;
– дробление зерна и других компонентов;
– сушку и измельчение минерального сырья;
– подготовку смеси микродобавок с наполнителем;
– ввод в комбикорм жидких добавок;
– дозирование компонентов согласно рецептам;
– смешивание компонентов;
– гранулирование или брикетирование смесей;
– учёт и выдачу комбикормов.

Технологические операции обычно осуществляют на специализированных поточных линиях, что обусловлено ассортиментом рецептов и возможными изменениями их состава. Организация производства должна обеспечить минимальную продолжительность технологического цикла, полную механизацию и поточность процесса, своевременный контроль качества на основных участках линии, бесперебойность работы межцехового и внутризаводского транспорта, учёт сырья и готовой продукции, эффективное использование технологического и энергетического оборудования, оперативное диспетчерское управление, благоприятные условия труда.

Поточность производства и непрерывность процесса обеспечивают использование самотёка и сыпучести продуктов, введение в поточные линии оперативных бункеров (наддробильных, наддозаторных и т.п.), разделение общего потока на отдельные линии, специализируемые по свойствам компонентов, рациональный выбор производительности и ритма линий.

Технологию производства комбикормов принято оценивать по схемам технологического процесса, графически пока-

зывающим очерёдность операции, а также место каждой их них в общей структуре приготовления конечного продукта из кондиционного сырья разного вида (прил. 16).

Каждая технологическая схема состоит из ряда подготовительных и основных линий, представляющих собой систему взаимосвязанных машин и механизмов, расположенных в порядке последовательного выполнения операций. Рассмотрим последовательность операций двух технологических схем производства комбикормов, наиболее широко применяемых на существующих предприятиях комбикормовой промышленности.

1. *Последовательно-параллельная подготовка всех компонентов и одноразовое дозирование*. Этот способ называется «классическим» и распространён во многих странах мира. Компоненты к дозированию готовят раздельно, в одних линиях последовательно, в других – параллельно. Размещают их в наддозаторных бункерах, количество которых достаточно велико. Объём бункеров должен быть рассчитан так, чтобы вместить запас компонентов на 8–36 ч работы узла основного дозирования. Подготовительных линий в этом случае от 10 до 12, иногда и более, протяжённость коммуникаций очень велика. Основная задача при организации процесса – стремиться к постоянному заполнению всех наддозаторных бункеров исходными компонентами на текущую выработку согласно исполняемому рецепту и параллельно готовить компоненты под следующую партию (рецепт) комбикормов, чтобы свести к минимуму потери времени при переходе с одного рецепта на другой.

Классическая схема из-за многочисленных параллельных технологических линий насыщена основным, вспомогательным и транспортным оборудованием и требует больших затрат энергии. Управлять производством становится сложнее, так как требуется получать и перерабатывать большой объём информации.

2. *Формирование предварительных смесей зернового и белково-минерального сырья с повторным дозированием.* В этой схеме каждая из смесей обрабатывается в отдельном технологическом потоке. Сформированные смеси направляют

в наддозаторные бункера и далее на повторное дозирование через линию основного дозирования – смешивания. В этом случае предварительные смеси обрабатывают в потоке (измельчают, просеивают, отбирают металлопримеси и др.). При такой схеме очень важно соблюдать правила кратности, синхронизации работы линий и другие методы технологической подготовки производства. При несоблюдении этих правил могут возникать неучтённые остатки предварительных смесей, а это усложняет переход на выработку комбикорма с одного рецепта на другой, а также учёт компонентов.

Технология измельчения сырья. Процесс измельчения сырья встраивается в технологическую цепочку комбикормового производства по-разному, в зависимости от перерабатываемого сырья и от того, каким группам животных или птиц предназначен комбикорм, а также в каком виде он будет скармливаться: в рассыпном или гранулированном. В комбикормовом производстве существует два основных варианта размещения линии дробления:

– *раздельное дробление*, при котором исходные компоненты измельчаются прежде, чем попадают в наддозаторные бункера для последующего дозирования и смешивания. Раздельное дробление каждого компонента позволяет получить более сбалансированный гранулометрический состав и уменьшить выход переизмельчённой фракции. Отрицательные стороны этого варианта – увеличение количества расходных бункеров, транспорта, количества аспирационного оборудования;

– *совместное дробление* предусматривает предварительное дозирование и сепарацию компонентов дробления. Такой вариант технологической цепочки позволяет сократить количество расходных бункеров, транспорта, аспирационных систем, уменьшить количество занимаемой площади и снизить себестоимость продукции.

Степень измельчения зерна регламентируется рецептом комбикорма и обеспечивается подбором решёт к дробилкам с соответствующим диаметром отверстий для решётных дробилок или регулировкой зазора между молотками и декой в без-

решётных дробилках. Контролируют степень измельчения по остатку на ситах с отверстиями диаметром 5, 3 и 2 мм. Степень размола зерновых существенно влияет на усвояемость животными питательных веществ из корма и на их приросты.

Линии ***гранулирования*** предназначены для приготовления из рассыпных комбикормов гранул различных размеров в зависимости от вида и возраста животных, которым предназначается данный вид продукции. Гранулы представляют собой небольшие цилиндры определённого диаметра и высоты. Они обладают хорошей сыпучестью, поэтому удобны для перемещения, транспортирования и хранения. Линия гранулирования должна обеспечивать последовательное выполнение следующих операций: очистку рассыпного комбикорма от металломагнитных примесей, предварительную его подготовку (пропаривание, обогащение добавками), прессование гранул, их охлаждение, измельчение гранул при выработке крупки, просеивание гранул.

Комбикорма гранулируют сухим и влажным способами. При сухом способе смесь подготовленных компонентов смешивают с распылённым жидким компонентом (мелассой, рыбьим жиром и др.), после этого иногда обрабатывают сухим паром, подаваемым в смеситель пресса под давлением 0,35–0,40 МПа, расход пара 60–80 кг/т. При гранулировании белково-витаминных добавок давление пара увеличивают до 0,40–0,50 МПа. Температура подаваемого пара достигает 130–140 °С, комбикорм нагревается до 80–85 °С.

При влажном гранулировании в рассыпной комбикорм добавляют горячую воду и замешивают тесто. Затем тесто прессуют, нарезают на гранулы и высушивают. Полученные после прессования гранулы направляют в охладительную колонку, где снижают их температуру настолько, чтобы она была выше на 8–10 °С температуры окружающей среды. Режим прессования считается правильным, если после охладительной колонки в массе гранул остаётся не более 5% мелких (2,0–2,5 мм) частиц комбикорма. Для отделения крошки и мучнистых частиц охлаждённые гранулы просеивают и после этого передают на склад готовой продукции.

Брикетированные комбикорма вырабатывают чаще всего для жвачных животных, поэтому в рецептуру некоторых из них входят измельчённые сено и солома. Технологически подготовленные компоненты перемещают в смеситель, где смешивают с необходимым количеством мелассы, поступающей в распылённом состоянии. Хорошо перемешанную массу направляют в прессы для брикетирования. Готовые брикеты охлаждают, отделяют от мучнистых частиц и отправляют на склад. В последние годы получили широкое распространение брикетированные комбикорма, предназначенные для птиц, кроликов, свиней, в индивидуальных упаковках. В основном мелкорасфасованные корма используют в личных подсобных и фермерских хозяйствах.

Оценка качества сырья и готовых комбикормов. В структуре каждого комбикормового завода имеется производственная технологическая лаборатория (ПТЛ), которая не только оценивает качество сырья и готовой продукции, но и осуществляет контроль за наиболее важными этапами технологического процесса, следит за проведением необходимых мероприятий по обеспечению сохранности и качества продукции, санитарного состояния производственных, складских, лабораторных и других помещений.

От уровня технологического и химического контроля сырья и промежуточных продуктов зависит выпуск качественной продукции, удовлетворяющей требованиям соответствующих стандартов.

Контроль качества поступающего сырья. Ветеринарно-санитарное состояние комбикормов обусловливается в основном качеством используемого сырья. Сырьё для выработки комбикормов обсеменено бактериями и грибами, среди которых встречаются сапрофитные, патогенные и токсикогенные виды. Сапрофитная микрофлора, размножаясь при благоприятных условиях, использует питательные вещества корма и ухудшает его санитарное состояние. Выделяющиеся продукты жизнедеятельности микроорганизмов могут обладать токсичностью для сельскохозяйственных животных и птицы. Из патогенных видов микроорганизмов, встречающихся на

кормах, наибольшую опасность для здоровья животных представляют энтерогенные серотипы кишечной палочки, стафилококки, бактерии группы протея, анаэробы.

Опасность для здоровья животных представляют корма, загрязнённые остаточными количествами пестицидов, минеральными удобрениями, отходами химической промышленности, тяжёлыми металлами, а также содержащиеся в некоторых кормовых продуктах естественные вещества (изоцианиды, ингибиторы ферментов и др.).

Для обеспечения выработки комбикормов, отвечающих ветеринарно-санитарным требованиям, на комбикормовых предприятиях проводят входной контроль сырья по комплексу показателей и, в зависимости от результатов анализа, организуют его переработку, обеззараживание или обезвреживание.

Ветеринарно-санитарный контроль проводится по «Типовой схеме технохимического контроля качества сырья и продукции на комбикормовых предприятиях». При анализе любого сырья в каждой партии определяют: влажность, цвет и запах; в зерновом сырье – содержание сорной примеси, в том числе вредной, содержание испорченных зёрен, заражённость вредителями хлебных запасов. Зерно должно иметь характерный цвет, быть с нормальным запахом, исключаются солодовый, плесневый и все посторонние запахи. Зерновое сырьё, содержащее семена ядовитых сорняков триходесмы седой и гелиотропа опушённоплодного, в переработку не допускается.

Влажность в значительной степени определяет сыпучесть, измельчаемость, смешиваемость сырья и комбикормов. Повышенная влажность сырья способствует развитию микроорганизмов, ускоряет процесс разрушения питательных веществ, могут произойти самосогревание и полная порча продукции. Низкая влажность приводит к повышенной истираемости компонентов, пылеобразованию, созданию взрывоопасной ситуации, ухудшению гигиенических условий труда.

При приёме мучнистого сырья, а также сырья животного происхождения, кормовых дрожжей определяют крупность и содержание металломагнитных примесей. Крупность приме-

сей контролируют по остатку на сите № 095, он должен быть не более 2%. Измельчённых плёнок в образце допускается не более 0,6%. Крупность примесей в мясокостной и рыбной муке контролируют по остатку на сите с отверстиями диаметром 3 мм, величина остатка не должна превышать 5%. Содержание металломагнитных примесей в сырье должно быть не более 5 мг на 1 кг.

Кормовые средства оценивают также по ряду показателей, характеризующих их питательную ценность: содержание жира, сырой клетчатки; в белковых кормах – содержание протеина и основных аминокислот; в минеральных кормах – содержание кальция, фосфора, натрия, хлоридов; в мелассе – содержание сахара; в кормовых жирах – кислотное и перекисное числа; в травяной муке – содержание каротина и др. Определяют общую питательную ценность, выражаемую в кормовых единицах.

Энергетическим показателем корма является *обменная энергия*. Она представляет собой часть энергии, содержащейся в единице корма, которая усваивается организмом животного. Обменная энергия одного и того же корма различна при использовании его разными животными.

Особое внимание при оценке сырья уделяется специфическим показателям качества: наличию нативных токсинов, таких как госсипол в хлопковом шроте, соин – в соевом, синильная кислота – в сорго и льняном шроте; токсинов, появившихся в сырье при неправильном хранении, вследствие развития плесневых грибов; нитратов, нитритов, солей тяжёлых металлов, содержанию остаточного бензина в шротах и др. Сырьё по специфическим показателям анализирует предприятие-изготовитель, но если при органолептической оценке выявлены отклонения от норм, то сырьё отправляют на анализ в ближайшую лабораторию, имеющую специальное оборудование, или в ветбаклабораторию по месту расположения предприятия.

Для санитарной оценки сырья применяют следующие показатели: общее число микробных клеток, наличие энтеропатогенных типов кишечной палочки, сальмонелл, бактерий группы протея, анаэробов, токсинообразующих грибов и их токсинов.

Оценка качества готовой продукции. Анализу подвергают каждую партию и сравнивают показатели с нормами стандарта на комбикорма (ГОСТ 9268). В образце определяют: внешний вид, цвет, запах, влажность, массу металломагнитной примеси, крупность размола, массовую долю неразмолотых семян культурных и дикорастущих растений, сырого жира, золы, безазотистых экстрактивных веществ, сырого протеина, сырой клетчатки, кальция, фосфора, натрия, наличие вредной примеси, общую кислотность и заражённость вредителями.

В брикетированных комбикормах кроме показателей качества, определяемых в рассыпном комбикорме, определяют плотность брикетов. В гранулированных кормах определяют размеры гранул, содержание мучнистых частиц (проход через определённые сита); крошимость гранул и их водостойкость (для прудовых рыб).

Хранение сырья и комбикормов. Потребность в сырье на каждом предприятии рассчитывается на 1 год, квартал и месяц исходя из принятых к производству на этот период рецептов комбикормов и наличия складских ёмкостей. Запасы хранящегося сырья, как правило, составляют: по зерновому сырью – 25 суток; по мучнистому – 30; жмыхам и шротам – 40; мелу – 93; поваренной соли – 36 суток.

Приём сырья может осуществляться из автомобилей, железнодорожного и водного транспорта. В каждом случае планируются подъездные пути, средства механизированной разгрузки и транспортирования сырья к месту хранения. Ёмкости для хранения сырья могут быть силосного типа или в виде обычных наземных одно- или многоэтажных складов. Хранят сырьё навалом или затаренным в упаковку завода-изготовителя.

За состоянием поступившего сырья ведут систематическое наблюдение, не допуская развития нежелательных или даже губительных процессов. Проверяют температуру, влажность, засорённость и заражённость сырья и, в случае обнаружения отклонений от утверждённых норм, принимают меры к устранению причин, вызвавших изменения.

Комбикорма – более трудные объекты хранения, чем другие зернопродукты. Сложный многокомпонентный состав комбинированных кормов обусловливает невысокую устойчивость их при хранении. Все компоненты имеют различную величину критической влажности, неодинаковые гигроскопические свойства, различный гранулометрический состав, высокую обсеменённость микроорганизмами.

Наибольшее влияние на сохранность комбикормов оказывает температура. Огромное влияние температурного фактора можно объяснить тем, что основная причина понижения качества и порчи комбикормов – активное развитие микроорганизмов и вредителей. Численность микроорганизмов в 1 г комбикорма, как правило, выше, чем в 1 г зерна, потому что в состав комбикормов входят также отруби, травяная мука и другие насыщенные микрофлорой компоненты. Дроблёные компоненты комбикормов очень быстро существенно изменяют свою влажность: адсорбция и десорбция водяных паров наиболее интенсивно происходят в течение первых трёх суток. При благоприятных условиях (положительной температуре и влажности на уровне критической) микроорганизмы активно развиваются, выделяют много тепла и тем самым способствуют возникновению самосогревания.

В гранулированных и брикетированных комбикормах микроорганизмов во много раз меньше, чем в рассыпных. Значительная часть их погибает от воздействия высокой температуры в технологическом процессе.

Серьёзную угрозу готовым комбикормам представляют насекомые и клещи. Все вредители хорошо размножаются даже в комбикормах с низкой влажностью. Сдерживающими факторами являются только пониженная (ниже 10 °С) температура хранящейся массы и бескислородная среда. Эти факторы учитывают при организации хранения комбикормов, а также правильном размещении продукции и систематическом контроле условий в хранилищах.

Хранят комбикорма насыпью или в таре в сухих складах (относительная влажность не более 70–75 %) или силосах

различного сечения высотой более 20 м. Высота насыпи при влажности комбикормов до 13 % не должна превышать 4 м, при большей влажности – 2,5. В качестве тары используют крафт-мешки, которые укладывают в штабеля, высота рядов не более 14 мешков. Продолжительность хранения готовой продукции не должна превышать 30 сут.

Немаловажно для безопасного хранения сырья и готовой продукции комбикормовых предприятий проведение профилактических мероприятий на всех этапах их движения, включая приём от поставщиков и отгрузку потребителям.

Контрольные вопросы

1. Что такое комбикорма? Их значение в современном животноводстве.
2. Классификация комбикормов. Как расшифровывается нумерация комбикорма?
3. Основные виды сырья, используемые при производстве комбикормов.
4. Правила замены одних видов сырья для производства комбикормов другими.
5. В чём заключается контроль качества поступающего сырья? Какие специфические показатели качества определяют в кормовом сырье и кто проводит их определение?
6. Классификация комбикормовых предприятий по мощности производства и уровню оснащённости оборудованием.
7. Основные операции технологии приготовления комбинированных кормов.
8. Особенности работы линий по гранулированию и брикетированию комбикормов.
9. Кто и как проводит оценку качества готовой продукции на комбикормовых предприятиях?
10. Причины порчи и снижения качества комбикормов при хранении.
11. Как хранят комбикорма и какие правила необходимо соблюдать при организации хранения?

17. ПРОИЗВОДСТВО РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

В последнее время масличным культурам уделяется большое внимание в связи с возросшим спросом на растительные масла.

В группу масличных объединяют растения, семена и плоды которых содержат много жира (от 20 до 60 %) и являются основным сырьем для получения растительного масла. Из этой группы в нашей стране наиболее распространены подсолнечник, соя, клещевина, лен, рапс, горчица. На небольших площадях высевают арахис, сафлор, кунжут, рыжик, периллу и другие. Для извлечения масла все шире используют маслосодержащие части семян немасличных растений: зародыши семян кукурузы, пшеницы, риса, плодовые косточки и т. п.

Растительное масло используют в пищу в качестве салатного масла, для изготовления маргарина, майонеза, консервов. Применяют его в кондитерской и хлебопекарной промышленности, а также для технических целей – в лакокрасочной, мыловаренной, текстильной, кожевенной, машиностроительной, парфюмерной и многих других отраслях промышленности. Перспективным является использование масла в качестве биотоплива.

Отходы от переработки масличных семян – *шрот* и *жмых* – являются ценным концентрированным белковым кормом для сельскохозяйственных животных. Многие масличные культуры возделываются на зеленый корм и силос (подсолнечник, соя, рапс). Являясь в большинстве случаев пропашными культурами, они способствуют очищению полей от сорняков и служат хорошими предшественниками многих полевых культур.

В семенах масличных содержится много хорошо сбалансированного по аминокислотному составу белка, который включает большое количество аргинина (в 2 раза больше, чем в зерне кукурузы и пшеницы), гистидина, лизина и другие незаменимые аминокислоты. Поэтому белки масличных культур являются важным дополнительным источником кормового и пищевого белка, что имеет большое значение в решении белковой проблемы.

Растительные масла состоят из глицеридов различных жирных кислот, питательная ценность которых неодинакова. Поэтому пищевые достоинства этих масел определяются их

жирно-кислотным составом. Основными жирными кислотами являются ненасыщенные (непредельные) – олеиновая, линолевая, линоленовая, эруковая, эйкозеновая и ненасыщенные (предельные) – стеариновая, пальмитиновая.

Роль отдельных жирных кислот в питании человека еще недостаточно изучена. Однако известно, что наибольшую физиологическую ценность для животного организма имеет линолевая кислота, относящаяся к числу так называемых эссенциальных жирных кислот, т.е. незаменимых для организма. Попадая в организм человека или животного, она становится источником образования второй эссенциальной кислоты – арахидоновой, отсутствующей в растительных маслах и в незначительных количествах входящей в состав некоторых животных жиров.

Высокое содержание олеиновой кислоты повышает устойчивость растительного масла к окислению и этим удлиняет срок его хранения, делает масло более стойким при жарении. Масло с высоким содержанием олеиновой кислоты обладает высокими пищевыми достоинствами.

Нежелательной в пищевом растительном масле является линоленовая кислота. Масла, богатые этой кислотой, мало пригодны для пищевых целей, т.к. они имеют невысокую стойкость к окислению в процессе хранения, неприятный вкус и запах.

Наличие высокомолекулярных жирных кислот (эруковой и эйкозеновой) в масле ухудшает его пищевые достоинства, вызывает помутнение и высокую степень отстаивания масла при хранении, затрудняет технологию производства маргарина.

Для пищевых целей желательны масла с уровнем насыщенных кислот от 5 до 15%, олеиновой и линолевой – не менее 80% при полном отсутствии эруковой, эйкозеновой кислот и присутствии линоленовой не более 4%.

Сорта горчицы с низким содержанием в масле эруковой кислоты и высоким содержанием олеиновой и линолевой кислот по пищевым достоинствам приближаются к оливковому маслу.

Изучение нами (С.А. Бабарыкина) жирно-кислотного состава горчичного масла, полученного в условиях северной лесостепи предгорий Западной Сибири, показало, что сумма олеиновой и линолевой кислот в масле, полученном из семян

горчицы раннего и среднего срока посева, составляла у сорта Рушена 72,7 и 71,9, Донская 8 – 47,8 и 45,9 % (табл. 45).

Таблица 45

Жирно-кислотный состав масла разных сортов горчицы сизой,%

Сорт	Срок посева	Пальмитиновая	Олеиновая	Линолевая	Линоленовая	Эруковая
Рушена	Ранний	6,9	48,3	24,4	9,4	3,7
	Средний	6,3	45,7	26,2	9,2	3,9
	Поздний	6,0	42,4	27,5	10,2	3,9
Донская 8	Ранний	4,3	24,6	23.2	10,3	26.9
	Средний	4,4	22,5	23.4	11,4	28,7
	Поздний	4,7	21,8	24,9	10,9	33,5

Горчичное масло, полученное из семян сорта Рушена, соответствовало требованиям западно-европейского стандарта на растительное масло по содержанию эруковой кислоты (не более 5 %). Сорт Донская 8 является высокоэруковым, и содержание нежелательной эруковой кислоты в масле увеличивалось от раннего срока посева к позднему с 26,9 до 33,5 %.

Современный **технологический процесс переработки масличного сырья** состоит из следующих операций: подготовка к хранению и хранение семян, подготовка семян к извлечению масла, собственно извлечение масла методом прямой экстракции или методом прессования и экстракции, первичная и комплексная очистка масла и обработка шрота. Последовательность операций производства масла представлена на рис. 1 прил. 17.

Очистка семян от примесей и снижение влажности до показателей, регламентируемых нормативными документами, создают условия для сохранения качества масличного сырья.

Очистку проводят каким-либо методом или комбинируя их (рис. 2 прил. 17):

– просеивание через сита с отверстиями разных формы и размеров для разделения примесей и семян по геометрическим размерам;

– продувка слоя семян воздухом для разделения примесей и семян по аэродинамическим свойствам;

– отделение металлопримесей и семян по ферромагнитным свойствам.

После ***хранения*** технологическая переработка включает операции повторной очистки семян, кондиционирования семян по влажности и калибровки семян по размеру.

Кондиционирование семян по влажности (сушка) имеет наибольшее значение для масличных плодов и семян, которые перерабатываются с предварительным отделением низкомасличных плодовых и семенных оболочек. Выбор технологических режимов сушки определяется химическим составом и физико-механическими свойствами семян, конструкцией сушильной установки.

При переработке сои семена подсушивают для более полного отделения семенных оболочек и увлажняют для улучшения их измельчения.

Специфической особенностью подготовки плодов подсолнечника к переработке является деление их по размерам – на крупную и мелкую фракции ***(калибровка***), перерабатываемые отдельно по различным технологическим схемам. Калибровка повышает эффективность последующих операций обрушивания и отделения оболочек от ядра.

Отделение оболочек от ядер у подсолнечника и хлопчатника производят в два этапа:

1) разрушение покровных оболочек – ***обрушивание семян***;

2) разделение рушанки.

Для обрушивания плодов подсолнечника применяют бичевые семенорушки МНР, центробежные обрушивающие машины Р3-МОС, А1-МЦР и др., рабочий процесс которых основан на методе удара.

Качество процесса оценивается содержанием в материале, выходящем из обрушивающих машин (рушанке), целых ядер и оболочек, нежелательных фракций – разрушенных ядер (*сечки*), целых семян (*целяка*), частично неразрушенных семян (*недоруша*) и масличной пыли.

Разделение рушанки на фракции: ядра, оболочки, целые семена и недоруш осуществляется аспирационными вейками Р1-МСТ, М1С-50, электросепаратором МСР-11. Недоруш и целые семена направляют на повторное обрушивание, ядра – на измельчение.

При переработке масличного сырья, не требующего предварительного отделения плодовых или семенных оболочек (семена рапса, горчицы, льна), операции обрушивания и отделения ядра от покровных тканей исключаются.

Измельчение семян и ядер проводят для разрушения маслосодержащей части клетки и клеточных стенок, которые затрудняют технологические воздействия, необходимые для максимального извлечения масла. При разрушении большая часть масла высвобождается и сразу же покрывает образующуюся поверхность частиц в виде тонких пленок. Полученный материал называется *мяткой.* Необходимая степень измельчения достигается раздавливанием, раскалыванием, истиранием, сжатием и ударными действиями вальцовых станков Б6-МВА, ВС-5, ФВ-600 и др.

Качество измельчения зависит от содержания лузги, влажности и температуры. Рекомендуемая влажность подсолнечных ядер, направляемых на измельчение, – 5,5–6 %, содержание лузги – не выше 12 %. Температура семян и ядер при измельчении обычно составляет 20–25 °С.

Для эффективного извлечения масла из мятки необходимо уменьшить поверхностные силы, удерживающие масло. Для этого служит ***влаготепловая обработка мятки*** (жарение).

Под действием влаги и тепла мятка изменяет свои химические и физико-механические свойства и превращается в мезгу. В производственных условиях процесс приготовления мезги осуществляется в два этапа:

– увлажнение до 8–9 % и одновременное интенсивное кратковременное нагревание мятки до 80–85 °С в инактиваторах или пропарочно-увлажнительных шнеках;

– высушивание и нагрев увлажненной мятки в чанных, барабанных или шнековых жаровнях.

Эффект прессования (глубина отжима масла) зависит от параметров полученной мезги – температуры (100–105 °С), влажности (5–6 %) и достигнутой под их действием глубины денатурации белковых веществ, определяющих физико-механические свойства мезги, поступающей в шнековый пресс.

В настоящее время применяют два способа получения масла: ***механический***, в основе которого лежит прессование

измельченного сырья, и ***экстракционный***, при котором специально подготовленное масличное сырье обрабатывают органическими растворителями.

После влаготепловой обработки масло из подготовленного материала извлекают однократным способом – методом прямой экстракции или двукратным – методом предварительного прессования с последующей экстракцией жмыха предварительного прессования (см. рис. 1 прил. 17). Двукратное обезжиривание прессованием и эстракцией наиболее универсально. Только при производстве горчичного масла и порошка, из которого производят столовую горчицу и медицинские горчичники, жмых предварительного прессования окончательно обезжиривают повторным (окончательным) прессованием. Для других масличных семян двукратное прессование в промышленных масштабах не применяется.

Механический способ извлечения масла. Рабочими органами шнекового пресса являются зеерный цилиндр и расположенный внутри него шнековый вал. Поверхность цилиндра состоит из стальных пластин и имеет продольные щели для стока масла, в которые не проходят частички мезги.

Подготовленная мезга поступает в ступенчатый барабан пресса, захватывается витками шнекового вала и перемещается к выходу из пресса. При движении по барабану (зеерному цилиндру) происходит сжатие мезги, от нее отделяется масло, а твердые частицы мезги спрессовываются и образуют жмых.

Сразу после получения масла проводят его первичную очистку, удаляя механические примеси. Хранение масла, содержащего твердые примеси, неизбежно приведет к ухудшению его качества в результате интенсивных химических и биохимических процессов.

В зависимости от давления на прессуемый материал и масличности выходящего жмыха шнековые прессы делят на прессы для предварительного съема масла (форпрессы) и для окончательного съема (экспеллеры). Форпрессы характеризуются более высокой производительностью (80–100 т семян подсолнечника в сутки) и содержанием масла в жмыхе (14–

18%), чем экспеллеры (18–30 т/сут и 4–6% соответственно). В масло-жировой прмышленности наиболее распространены шнековые прессы марок МП-68, Р3-МОА, ХСП-26, ЕТП-20.1 и прессы-грануляторы Г-24.

По схеме однократного прессования (рис. 3 прил. 17) получают растительное масло в мелких и средних сельскохозяйственных предприятиях и крестьянских (фермерских) хозяйствах. Наиболее эффективно использование маслоотжимных шнековых прессов марок МПШ-30, ММШ-30, МГ-30, Т 9-МП и др.

Нами (С. А. Бабарыкина) были проведены исследования в крестьянском (фермерском) хозяйстве «Элитное», расположенном в северной лесостепи предгорий Новосибирской области. Переработку семян горчицы сизой на пищевое растительное масло и жмых осуществляли на универсальном перерабатывающем комплексе УПК-100. Было установлено, что из семян, полученных от раннего и среднего срока посева горчицы сизой, масло при первом пропуске извлекалось легче, и в жмыхе оставалось меньше жира. При повторном пропуске выход масла по вариантам существенно не изменялся. Суммарный выход горчичного масла в зависимости от срока посева варьировал у сорта Рушена от 26,3 до 31,5% (337 и 447 кг/га), Донская 8 – от 26,6 до 33,3% (362 и 496 кг/га) (табл. 46). Горчица сорта Донская формировала семена с лучшими технологическими качествами, чем Рушена.

Таблица 46

Технологические качества маслосемян горчицы сизой в зависимости от срока посева

Сорт	Срок посева	Содержание жира в семенах,%	Выход масла			
			1-й пропуск,%	2-й пропуск, %	итого	
					%	кг/га
Рушена	Ранний	40,2	23,2	8,3	31,5	432
	Средний	39,4	21,6	8,6	30,2	447
	Поздний	37,9	17,8	8,5	26,3	337
Донская 8	Ранний	41,1	25,3	8,0	33,3	496
	Средний	39,6	22,5	8,6	31,1	488
	Поздний	36,8	18,0	8,6	26,6	362

Экстракционный способ обеспечивает практически полное извлечение масла.

Растворители, применяемые для экстракции, должны иметь хорошую растворяющую способность по отношению к маслу, но не действовать разрушающе на промышленное оборудование, а также обладать способностью полностью удаляться из масла, не оказывать вредного воздействия на организм человека и быть безопасным при работе с ним. В качестве растворителей в основном применяют гексан, нефрас и экстракционные бензины.

Обработку форпрессового жмыха, если при выходе из пресса ему не придана форма гранул, ведут в следующей последовательности: первое (грубое) дробление ракушки, второе (более тонкое) дробление на валковых или других дробилках. После второго дробления получается крупка. Для превращения в лепесток крупку подвергают увлажнению и подогреву, благодаря чему повышается ее пластичность. Затем крупка поступает на плющильные вальцовые станки, на которых получают лепестки форпрессового жмыха толщиной 0,25–0,50 мм.

Экстракцию растительных масел чаще ведут двумя способами: погружением экстрагируемого материала в противоточно движущийся растворитель; ступенчатым орошением растворителем противоточно перемещающегося обрабатываемого материала.

Преимущество первого способа заключается в высокой скорости экстракции, незначительной длительности процесса обезжиривания, простоте конструкции экстракционного аппарата, высоком коэффициенте полезного использования его геометрического объема (до 98 %). При этом способе экстракции исключена возможность образования в аппаратах взрывоопасных смесей воздуха и растворителя.

К числу недостатков экстракции погружением следует отнести низкую концентрацию конечных мисцелл (10–15 %), высокое содержание в них примесей, значительные габариты экстракторов по высоте.

Экстракция масла способом орошения обеспечивает получение мисцелл повышенной концентрации и чистоты благодаря

самофильтрации мисцеллы через слой экстрагируемого материала. Недостатки – большая длительность экстракции, невысокий коэффициент использования геометрического объема (не выше 45%) аппарата и возможность образования взрывоопасных концентраций смеси паров растворителя и воздуха внутри аппарата.

В мисцелле, выходящей из экстрактора, содержится от 10 до 35% масла. В производстве процесс отгонки растворителя из мисцеллы называют дистилляцией. Для отделения масла мисцелла обрабатывается дважды в трубчатом пленчатом дистилляторе, где она упаривается, а затем в распылительном дистилляторе ее обрабатывают горячим паром с применением вакуума до полного удаления растворителя.

Полученный шрот для испарения (отгонки) растворителя аналогично обрабатывают острым паром, подсушивают, охлаждают и измельчают.

Прямую экстракцию в основном используют при переработке низкомасличных семян (сои). Процесс заключается во влаготепловой обработке, плющении семян для получения лепестка и экстракции сырья.

Контрольные вопросы

1. Какие растения называют масличными? Основные масличные культуры РФ.
2. Народно-хозяйственное значение масличных культур.
3. Жирно-кислотный состав масел. Значение различных жирных кислот.
4. Основные операции технологии переработки масличного сырья.
5. Методы очистки масличного сырья.
6. Кондиционирование семян.
7. Какими показателями оценивается процесс обрушивания плодов подсолнечника?
8. Получение мятки. От чего зависит качество измельчения?
9. Этапы приготовления мезги.
10. Механический способ извлечения растительного масла.
11. Экстракционный способ получения растительного масла.
12. Особенности прямой экстракции.

18. ОСНОВЫ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

В основе современных способов переработки плодов и овощей лежат приёмы, которые приводят к уничтожению микроорганизмов, вызывающих порчу продукции, или к временному прекращению их деятельности, а также к регулированию биохимических процессов, протекающих в плодоовощном сырье.

В зависимости от вида сырья и цели консервирования выбирают тот или иной способ воздействия на плоды и овощи, и довольно часто приемы консервирования комбинируют. Приёмы консервирования условно делят на группы:

– физические способы (сушка, замораживание, термостерилизация, воздействие ультрафиолетовыми лучами, ультразвуком, электрическим током высокой и сверхвысокой частоты);

– физико-механические способы (обеспложивающая стерилизация, воздействие сахаром и солью);

– химические способы (изменение кислотности среды и применение химических веществ, обладающих бактерицидными и фунгицидными свойствами);

– биохимические способы (квашение, соление, мочение).

Физические способы. Наиболее старым физическим способом консервирования является сушка (частичное или полное обезвоживание продукта). Отсутствие свободной воды в сырье сдерживает или полностью прекращает питание и развитие большинства видов микроорганизмов. Степень обезвоживания продукта зависит от его «водной активности» (отношение давления водяного пара над продуктом к давлению водяного пара над чистой водой при одинаковой температуре).

Различают следующие приёмы обезвоживания: контактная сушка (продукция соприкасается с нагреваемой поверхностью); конвективная (агентом сушки выступают нагретый воздух или перегретый пар); сушка инфракрасными лучами, токами высокой и сверхвысокой частоты; сублимационная

сушка (удаление влаги из замороженных продуктов в условиях глубокого вакуума).

На интенсивность испарения влаги влияют структура и пористость продукта, форма, размер и толщина частиц, а также влагоотдающая способность объекта сушки. Овощи сушат до влажности 10–12 %, плоды – 18–25 %.

Замораживание применяют как самостоятельный способ консервирования только для тех продуктов, у которых в процессе замораживания не изменяются биохимические, физические и потребительские свойства. Замораживание применяют и для временного консервирования сырья перед его дальнейшей переработкой. При низких отрицательных температурах (ниже –10 °С) микроорганизмы не могут развиваться, их обмен веществ практически прекращается.

При *тепловой стерилизации* наблюдаются коагуляция белков, изменения в протоплазме и разрывы клеточных оболочек микроорганизмов, что ведет к полной их гибели. В обрабатываемом сырье происходит инактивация ферментного комплекса и в растительных тканях прекращаются биохимические процессы. Температура и продолжительность теплового воздействия определяются видом сырья, приемами предварительной обработки и назначением конечного продукта.

Ультрафиолетовые лучи (лучевая стерилизация) оказывают губительное действие на микроорганизмы, находящиеся на поверхности продукта (проникающая способность их невелика). Наиболее эффективны лучи с длиной волны 250–280 нм в различных дозах. Используют УФЛ в основном для обработки производственных помещений, тары, упаковочных материалов, для предотвращения инфицирования при розливе, фасовании и упаковке пищевых продуктов.

Ультразвук – механические колебания с высокой частотой (более 20 кГц). Ультразвуковые волны обладают большой энергией, способной вызвать распад высокомолекулярных соединений, коагуляцию белков, блокировать активность ферментов, разрушать многоклеточные и одноклеточные организмы. Применяют ультразвук для стерилизации воды, жидких пищевых продуктов, тары.

При воздействии электрическим током высокой и сверхвысокой частоты электрическая энергия преобразуется в тепловую, и этот эффект используют для стерилизации консервируемой продукции. По сравнению с обычной тепловой стерилизацией значительно сокращается продолжительность нагревания (1–3 мин), лучше сохраняются витамины и потребительские свойства консервов (вкус, аромат, цвет, консистенция).

Физико-механический способ *(обеспложивающая стерилизация)* основан на пропускании прозрачного жидкого продукта под давлением через фильтры с размерами пор, значительно меньшими размеров клеток микроорганизмов. Механическое выделение клеток микроорганизмов позволяет обходиться без жёсткой тепловой обработки сырья, сохраняя тем самым его естественный цвет, вкус и аромат.

Физико-химический способ *с использованием сахара и/или соли* основан на чувствительности многих микроорганизмов к изменению осмотического давления. Даже небольшое повышение концентрации этих веществ в питательной среде может вызвать обезвоживание микробных клеток, прекращение поступления в них пищевых веществ и полную гибель колонии или переход микроорганизмов в состояние длительного покоя.

Данный способ рекомендуется сочетать с тепловой обработкой, так как в продукции могут сохраниться осмофильные дрожжи и плесени, которые будут способствовать её брожению и плесневению при хранении.

Химические способы включают маринование и химическую стерилизацию. Действие химических консервантов основано на том, что они способны проникать в клетки микроорганизмов, разрушать их белковую и ферментную системы, что приводит к гибели большей части микрофлоры.

В качестве антисептиков широко используют муравьиную, сорбиновую и бензойную кислоты, натриевые соли этих кислот, а также диоксид серы. Из антибиотиков растительного происхождения применяют эфирное масло семян горчицы сизой.

Губительное действие на микроорганизмы уксусной кислоты лежит в основе самого распространённого химическо-

го способа консервирования – *маринования*. Бактерицидное действие уксусной кислоты проявляется даже при небольших концентрациях – 0,4–2,0 %. При необходимости получения менее острых, слабокислых маринадов применяют пастеризацию или стерилизацию консервированной продукции. Консервирующее действие уксусной кислоты усиливается при добавлении небольшого количества (1–3 %) поваренной соли. Для маринования используют овощи (огурцы, томаты, свёклу, лук, морковь, перец), а также плоды и ягоды (яблоки, груши, сливы, виноград, смородину, крыжовник и др).

Химическая стерилизация как способ консервирования возможна только при помощи малотоксичных химических антисептиков, однако на современном этапе не существует химических веществ, которые бы отвечали всем требованиям, предъявляемым к консервантам для пищевой промышленности. Химические консерванты и их метаболиты не должны оказывать токсического воздействия на организм человека, не должны взаимодействовать с материалом технологических ёмкостей и тары, не должны ухудшать вкусовые и другие органолептические показатели качества консервируемой продукции.

Биохимические методы основаны на образовании естественного консерванта – молочной кислоты в консервируемом продукте. Молочная кислота, а иногда и спирт, накапливаются в результате сбраживания сахаров молочно-кислыми бактериями и дрожжами. При молочно-кислом брожении могут проходить и другие микробологические процессы, в результате которых образуются вещества, ухудшающие качество продукции. В поверхностных слоях продукта, соприкасающихся с воздухом, может происходить уксусно-кислое брожение, в результате которого образуется уксусная кислота. Наличие её, а также муравьиной и пропионовой кислот нормируется стандартами. Ограничить их количество в готовом продукте можно созданием при брожении и хранении анаэробных условий. При определённых условиях может развиваться масляно-кислое брожение, сопровождающееся накоплением масляной кислоты, которая обусловливает прогорклый вкус продукта. Предотвратить мас-

ляно-кислое брожение можно повышением кислотности среды и добавлением поваренной соли. Плазмолиз, вызываемый поваренной солью, способствует переходу сахаров в раствор, и они становятся более доступными для молочно-кислых бактерий. Концентрация соли 1,2–3,5 % незначительно замедляет молочно-кислое брожение, но почти полностью подавляет развитие гнилостных микроорганизмов.

Накопление молочной кислоты приостанавливает развитие различных микроорганизмов, а также и самих молочно-кислых бактерий. Важным фактором в технологии приготовления солёно-квашеной продукции является температура. Оптимальной считается температура 22–24 °С, при которой молочно-кислое брожение протекает достаточно интенсивно, а развитие термофильных бактерий подавлено. После завершения процесса ферментации температуру снижают до 0 °С, так как в этих условиях микробиологические процессы практически полностью прекращаются, и продукция сохраняется без перекисания и снижения качества длительное время (до 1 года).

Основные технологические процессы консервного производства.

Приёмка сырья производится по органолептическим показателям – внешнему виду, вкусу, запаху и др. в соответствии с требованиями ГОСТов. Сырьё, прошедшее входной контроль, направляют на переработку или хранение.

Подготовка сырья включает операции бланширования и/или обжарки. Бланширование (неполное проваривание или ошпаривание) сырья проводят горячей водой или паром в течение определённого для каждого вида времени. При бланшировании удаляются излишки влаги, уменьшается объём, коагулируют некоторые белки. Вместе с влагой из сырья частично удаляются минеральные соли, углеводы, растворимые белки. При бланшировании плодов и овощей лучше сохраняются витамины, натуральный цвет продукта и улучшается вкус консервов.

Обжарка овощного сырья в жире или сухим жаром придаёт специфический вкус, аромат и цвет, а образовавшаяся

корочка сохраняет форму продукта при дальнейших технологических операциях. Подготовленное сырьё укладывают в банки и до закупоривания проводят удаление воздуха из них холодным (воздух отсасывают вакуум-насосами) или горячим способами. При горячем эксгаустировании банки с содержимым нагревают до температуры 70–95 °С в течение 5–30 мин (в зависимости от содержимого банки и её размеров) и в горячем состоянии герметически укупоривают.

Стерилизация практически полностью уничтожает микрофлору, находящуюся в сырье и таре, и сопровождается структурными изменениями в продукте (свёртывание белков, гидролиз коллагена и др.).

После термостатной выдержки и сортировки консервы укладывают в деревянные или картонные ящики и направляют на *хранение*. Хранят консервированную продукцию при температуре 0–20 °С в сухих, хорошо вентилируемых помещениях. Продолжительность безопасного хранения зависит от вида консервов, но в торговой сети их рекомендуют хранить не более 1–2 лет, томат-пюре – не более года, фруктовые полуфабрикаты – 6 месяцев.

Контрольные вопросы

1. Группы приёмов консервирования плодов и овощей.
2. Физические методы консервирования.
3. Что такое обеспложивающая стерилизация?
4. Какие химические вещества применяют при консервировании?
5. Как изменяется химический состав продуктов при биохимическом консервировании?
6. Основные технологические процессы консервного производства.
7. Как хранят консервированную продукцию?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сохранение всего выращенного урожая является одной из важнейших задач государственного значения, так как необходимо обеспечить круглогодичное поступление качественной сельскохозяйственной продукции в продовольственную корзину всех жителей нашей страны, а перерабатывающие предприятия – сырьём.

Зерно и другие растительные объекты хранения представляют собой живые биологические системы, чутко реагирующие на внешние условия. Имея сложный химический состав, они находятся в состоянии постоянных изменений, в них происходит непрерывный обмен веществ (метаболизм) как внутри самих объектов, так и с окружающей средой. Динамическое изменение массы и состава хранящейся продукции проявляет себя на всех этапах от транспортирования с поля до момента реализации.

В настоящее время наука о хранении и переработке сельскохозяйственных культур, пользуясь новейшими экспериментальными методами исследований, получает новые более глубокие данные о протекающих процессах в растительной продукции в послеуборочный период: о биофизических и биохимических особенностях, о дыхании и влагообмене, об обмене веществ и энергии.

Выявление и реализация максимальной потенциальной продуктивности сельскохозяйственных растений, исключение её утраты при хранении и переработке сырья представляет большой научный интерес и является важной практической задачей.

Существует ряд опасностей, грозящих урожаю после того, как он убран с поля. Многие плоды, овощи и даже зерно не могут долго храниться после отделения от материнского растения. Приходится создавать такие условия, при которых разрушительное влияние их собственных метаболических процессов сводилось бы к минимуму.

По определению Е. Д. Казакова и В. Л. Кретович, существуют три фактора, от которых зависит состояние храня-

щихся объектов, их качество и технологические особенности. Первый фактор – генетический, заложенный в биологической природе растительного сырья, его клетках и тканях, предаваемый по наследству. Второй фактор – внешние условия, в которых хранится и перерабатывается продукция растениеводства. Значительная роль здесь отводится производственным условиям и оборудованию базы хранения и переработки. Третий фактор – совокупность воздействий, оказываемых человеком на растительные объекты на этапах хранения и переработки.

Технологи, агрономы и экономисты смогут обеспечить высокий производственный уровень на всех предприятиях, связанных с хранением и переработкой растительного сырья, только тогда, когда они будут вооружены знаниями о процессах, происходящих в хранящейся продукции, об особенностях изменений характеристик объекта. Без этих знаний невозможно получение высокого производственного эффекта, предотвращение снижения качества и порчи исходного сырья, получение максимальных выходов и хорошего качества растительных объектов при снятии с хранения или после переработки (муки, хлеба, крупы, комбикормов, консервов и др.).

Качество растительного сырья зависит от большого числа признаков (физиологических, физико-химических, технологических и др.). Зависимости между показателями качества исходного материала и качеством конечного продукта колеблются в больших пределах (коэффициенты корреляции от 0,1 до 0,9). Определение закономерностей варьирования признаков качества продукции и их взаимной обусловленности – важнейшая задача отрасли.

Важным направлением в области совершенствования технологии хранения и переработки растительного сырья является разработка новейших методов экспресс-определений содержания и состава веществ в продукции: белков, сахаров, липидов, витаминов, минеральных веществ (в том числе и токсичных).

Конечно, следует ожидать дальнейшего совершенствования условий хранения пищевых продуктов и способов их об-

работки. В настоящее время многие лаборатории мира заняты созданием новых методов сушки путём сублимации с последующим восстановлением исходного состояния объектов, методов радиационной стерилизации упакованных в полиэтилен плодов и овощей, способов предохранения их от порчи путём химической обработки и др.

Много внимания уделяется разработке малоотходных и энергосберегающих технологий, автоматизированному контролю и регулированию режимов хранения, созданию установок непрерывного действия, поточных линий. Интенсивность таких исследований и их глубина зависят от того, какое значение придают им люди, отвечающие за данное направление на государственном уровне. Только непрерывные исследования в этой области могут обеспечить человечеству необходимую пищу и сырьё для перерабатывающих предприятий.

Следует сконцентрировать внимание на укреплении материально- технической базы отрасли: строить современные хранилища с механизированными линиями по обработке и размещению продукции, консервные предприятия с автоматизированными поточными линиями, мукомольные и хлебопекарные предприятия, оснащенные в соответствии с требованиями международных стандартов.

Для успешного решения всех задач в области хранения и переработки растительного сырья нужно знание и понимание физиолого-биохимических закономерностей поведения хранящихся объектов и умение получать необходимую информацию об уровне активности и направленности этих процессов. Предстоит сделать ещё очень многое в области хранения и переработки продукции растениеводства, и дальнейшие действия зависят от мудрости и подготовленности нынешних студентов, в число которых, мы надеемся, войдут некоторые читатели этой книги.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ

Аккредитованная лаборатория – испытательная лаборатория, прошедшая аккредитацию.

Базисная норма качества – норма показателя качества продукта, в соответствии с которой производится расчет при его продаже.

Битое зерно – части зерна, образовавшиеся в результате механического воздействия.

Влажность зерна – физико-химически и механически связанная вода, удаляемая в стандартных условиях определения.

Всеобщее управление качеством – Total Quality Management (TQM) – комплексная система, ориентированная на постоянное улучшение качества, минимизацию производственных затрат и поставку продукции точно в срок.

Вредная примесь – примесь растительного происхождения, опасная для здоровья человека или животных.

Головневое зерно – зерно, у которого запачкана бородка или часть поверхности спорами головни.

Головнёвый запах зерна – запах, напоминающий селёдочный, появляющийся в результате загрязнения зерна спорами или мешочками головни.

Государственная система стандартизации России – комплекс межгосударственных и государственных стандартов, устанавливающих основные правила и положения проведения работ по стандартизации в стране.

Давленое зерно – целое зерно, но деформированное, сплющенное в результате механического воздействия.

Долговечность семян – свойство семян сохранять способность к прорастанию.

Заготовляемое зерно – зерно, закупаемое государством через государственную заготовительную систему.

Заражённость зерна вредителями – наличие в межзерновом пространстве или внутри отдельных зёрен (или других объектах) живых вредителей – насекомых или клещей в любой стадии их развития.

Затхлый запах – запах, появляющийся при распаде тканей зерна или других растительных объектов под влиянием интенсивного развития микроорганизмов.

Зерно – плоды злаковых культур, используемые для пищевых, кормовых и технических целей.

Зерновая примесь – примесь неполноценных зёрен основной культуры, а также зёрен других культурных растений, допускаемая при приемке зерна.

Испорченная продукция – продукция с явно отклоняющимися от стандартных показателями качества.

Качество – совокупность свойств и характеристик продукции, которые придают ей способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности (ИСО 9000:2000). **Качество –** это совокупность свойств и характеристик продукции, обусловливающих ее пригодность для удовлетворения определенных потребностей в соответствии с назначением (ГОСТ 15467–79).

Качество клейковины зерна – совокупность физических свойств клейковины: растяжимость, упругость, эластичность.

Класс зерна – комплексный показатель качества зерна, характеризующий его пищевые и технологические свойства.

Клейковина – комплекс белковых веществ зерна, способных при набухании в воде образовывать связную эластичную массу.

Международная организация по стандартизации (МОС или ИСО) (англ. International Standard Organization – ISO) – неправительственная организация, созданная в 1946 г. Целью ИСО является содействие стандартизации в мировом масштабе для обеспечения международного товарообмена и взаимопомощи, расширения сотрудничества в области интеллектуальной, научной, технической и экономической деятельности. Основным видом деятельности ИСО является разработка международных стандартов. Разработка и пересмотр стандартов по обеспечению качества осуществляются техническим комитетом ИСО 176 «Обеспечение качества».

Метод испытания – установленные технические правила проведения испытаний.

Минеральная примесь – примесь минерального происхождения: камни, комочки земли, песок.

Нормативный документ – документ, устанавливающий правила, руководящие принципы или характеристики различных видов деятельности или их результатов.

Обеспечение качества – совокупность планируемых и систематических осуществляемых процессов, процедур, операций и отдельных мероприятий, необходимых для подтверждения того, что продукция удовлетворяет определенным требованиям к качеству.

Объединённая проба – проба, состоящая из совокупности точечных проб.

Обрушенное зерно – зерно с полностью или частично удалёнными оболочками при механических обработках.

Ограничительная норма качества – норма показателя качества, устанавливающая предельно допустимые требования к качеству заготовляемой и поставляемой продукции.

Органическая примесь – примесь растительного или животного происхождения: части стеблей, остатки листьев, экскременты животных и др.

Оценка уровня качества продукции – совокупность операций, включающая выбор номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции, определение значений этих показателей и сопоставление их с базовыми.

Плесневый запах – запах, появляющийся в результате развития на продукции плесневых грибов.

Показатель качества – характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации. Показатели качества могут быть единичными и комплексными.

Поставщик – сторона, несущая ответственность за продукцию, процесс или услугу и способная продемонстрировать свои возможности по обеспечению качества. Это определение

применимо к изготовителям, оптовикам, импортерам, монтажным организациям, службам сервиса и т. д.

Посторонний запах – запах, появляющийся в результате сорбции продукцией пахучих веществ (нефтепродуктов, фумигантов, дыма, некоторых растений: полыни, дикого чеснока и др.).

Потребитель – получатель продукции, предоставляемой поставщиком.

Свойство – объективная способность продукции, которая может проявляться при ее создании, эксплуатации и потреблении.

Сертификат соответствия – документ, изданный в соответствии с правилами системы сертификации. Подтверждает полное соответствие продукции, процесса или услуги конкретному стандарту или другому нормативному документу.

Сертификация – деятельность по подтверждению соответствия продукции установленным требованиям.

Сертификация продукции – процесс, в результате которого государство совместно с производителем обеспечивает потребителю защиту его прав на приобретение продукции с декларированными в ГОСТах и нормативно-технической документации показателями качества и на объективную информацию об этой продукции.

Сильная пшеница – зерно пшеницы отдельного сорта или смеси сортов, характеризующееся генетически обусловленными очень высокими хлебопекарными свойствами и потенциальной способностью быть улучшителем слабой в хлебопекарном отношении пшеницы.

Система сертификации – совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом.

Солодовый запах – запах, появляющийся при прорастании зерна.

Сорт – градация продукции определенного вида по одному или нескольким показателям качества, закрепленная в нормативной документации.

Сохраняемость – свойство продукции сохранять специфические показатели качества в определенных условиях хранения и транспортировки.

Средняя проба – часть объединённой пробы, выделенная для определения качества продукта.

Стандарт – нормативно-технический документ по стандартизации, устанавливающий комплекс правил, норм, требований к объекту стандартизации и утвержденный компетентным органом.

Стандартизация – установление и применение правил (стандартов) с целью упорядочения деятельности в определенных отраслях на пользу и при участии всех заинтересованных сторон.

Стекловидное зерно – зерно плотной структуры, с гладкой и блестящей поверхностью разреза эндосперма, просвечиваемое на специальном устройстве.

Технические условия – нормативно-технический документ, устанавливающий комплекс технических требований к продукции, правила приемки и поставки, методы контроля, условия эксплуатации, транспортирования и хранения.

Тип зерна – классификационная характеристика зерна по устойчивым природным признакам, связанная с его технологическими, пищевыми и товарными достоинствами.

Точечная проба – проба, отобранная от партии продукции за один приём из одного места.

Трудноотделимая примесь – примесь, которая по своим физическим признакам близка к основной культуре и которую трудно отделить при очистке.

Щуплое зерно – зерно невыполненное, сморщенное, легковесное, деформированное вследствие неблагоприятных условий развития и созревания.

Физические признаки объектов растениеводства – форма, размер, плотность, аэродинамические характеристики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Агробиологические* основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства: учеб./ под ред. проф. В. И. Филатова. – М.: Колос, 2000. – 354 с.

2. *Ауэрман Л. Я.* Технология хлебопекарного производства: учеб./ Л. Я. Ауэрман; под общ. ред. Л. И. Пучковой. – 9-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2002. – 416 с.

3. *Бабарыкина С. А*. Влияние срока посева горчицы сизой на выход и качество масла/ С. А. Бабарыкина // Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы науч.-практ. конф. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. – С. 99–101.

4. *Вобликов Е.* М. Технология элеваторной промышленности /Е.М. Вобликов. – Ростов н/Д: МарТ, 2001. – 191 с.

5. *Казаков Е. Д.* Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е. Д. Казаков, В. Л. Кретович. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 368 с.

6. *Картамышева Е. В*. Горчица/ Е. В. Картамышева// Масличные культуры для пищевого использования в России (Проблемы селекции, сортимент) – СПб.: РАСХН. Всерос. НИИ раст-ва, 1998. – С.31–34.

7. *Качество* зерна и вредители хлебных запасов: практ. руководство / Новосиб. продовольств. корпорация. – Новосибирск, 2003. – 44 с.

8. *Компьютерный* анализ технологических систем по производству, переработке и хранению зерна: руководство к практикуму / Новосиб. гос. аграр. ун-т; под общей ред. С. П. Лаврентьева. – Новосибирск, 2001. – 63 с.

9. *Кретович В. Л.* Биохимия растений/ В. Л. Кретович. – М.: Высш. шк., 1980. – 445 с.

10. *Кульнева Н. Г.* Лабораторный практикум по курсу «Научные основы производства продуктов питания»: учеб. пособие/ Н. Г. Кульнева, В. А. Голыбин, Ю. И. Зелепукин; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 2000. – 83 с.

11. *Манжесов В. И.* Технология хранения растениеводческой продукции: учеб. пособие / В. И. Манжесов, И. А. Попов, Д. С. Щедрин. – М.: КолосС, 2005. –391 с.

12. *Медведева З.М.* Влияние приёмов возделывания сои на формирование урожая, посевных и урожайных свойств семян в лесостепи Новосибирской области: дис. … канд. с.-х. наук/ З.М. Медведева. – Новосибирск, 1986. – 177 с.

13. *Наплёкова Н.Н.* Микрофлора зерна и зерновых продуктов: учеб. пособие/ Н.Н. Наплёкова; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2003. – 45 с.

14. *Нечаев А.П.* Пищевая химия/ А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг [и др.] – СПб.: Гиорд, 2001. – 565 с.

15. *Основы* семеноведения: учеб. пособие / И.С. Ломако [и др.]; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2008. – 283 с.

16. *Оценка* качества зерна: справочник/ сост.: И.И. Василенко, В.И. Комаров. – М.: Агропромиздат, 1987. – 208 с.

17. *Пащенко Л.П.* Технология хлебобулочных изделий/ Л.П. Пащенко, И.М. Жаркова. – М.: КолосС, 2006. – 389 с.

18. *Послеуборочная* обработка, хранение и реализация зерна в хозяйстве: метод. указания /сост. Л.М. Ларионова. – Челябинск, 2001.

19. *Практикум* по агробиологическим основам производства, хранения и переработки продукции растениеводства/ под ред. проф. В.И. Филатова. – М.: Колос, 2000. – 624 с.

20. *Приёмы* подготовки зерна к хранению: метод. указания для ЛПЗ / сост.: З.М. Медведева, С.С. Потапова; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 1998. – 28 с.

21. *Приёмы* подготовки и организация хранения зерна в стационарных хранилищах: метод. указ./Новосиб. гос. аграр. ун-т, ИЗОП; сост.: З.М. Медведева, С.А. Бабарыкина. – Новосибирск, 2009. –29 с.

22. *Распутин В.М.* Практикум по переработке продукции растениеводства: учеб. пособие / В.М. Распутин, Ю.В. Колмаков, В.И. Капмс, Л.А. Зелова; под ред. О.А. Лабутиной. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002. – 224 с.

23. *Смирнова Р.И.* Влияние предпосевной подготовки семян на посевные качества и урожайность яровой пшеницы / Р.И. Смирнова, Т.Г. Ксензова// Пути повышения продуктивности зерновых и кормовых культур в Западной Сибири: сб. науч. тр./ Новосиб. с.-х. ин-т. – Новосибирск, 1990. – С. 22–24.

24. *Технология* переработки продукции растениеводства/ под ред. Н. М. Личко. – М.: Колос, 2000. – 552 с.

25. *Технология* пищевых производств/Л.П. Ковальская [и др.]; под ред. Л. П. Ковальской. – М.: Колос, 1999. – 752 с. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высших учебных заведений).

26. *Технология* хранения зерна: учеб./ под ред. Е. М. Вобликова. – СПб.: Лань, 2003. – 438 с.

27. *Трисвятский Л. А.* Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов: учеб. / Л. А. Трисвятский, Б. В. Лесик, В. Н. Курдина; под ред. Л. А. Трисвятского. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1991. – 415 с.

28. *Увеличение* производства и продажи государству высококлассного зерна мягкой и твёрдой пшеницы в Омской области: рекомендации. – Омск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 2002.

29. *Фитосанитарная* оптимизация растениеводства в Сибири. 1. Зерновые культуры: учеб. пособие / В. А. Чулкина [и др.]; под ред. П. Л. Гончарова. – Новосибирск, 2001. – 136 с.

30. *Фитосанитарная* оптимизация растениеводства в Сибири. II. Крупяные, зернобобовые и кормовые культуры: учеб. пособие / В. А. Чулкина [и др.]; под ред. П. Л. Гончарова. – Новосибирск, 2001. – 192 с.

31. *Химический* состав российских пищевых продуктов: справочник/ под ред. проф. И. М. Скурихина и проф. В. А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002.

32. *Хроменков В. М.* Оборудование хлебопекарного производства/ В. М. Хроменков. – М.: ИРПО; Изд. центр «Академия», 2000. – 316 с.

33. *Цыганкова Т. Б.* Технология и организация производства хлебобулочных изделий/ Т. Б. Цыганкова. – 2-е изд., испр. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 448 с.

34. *Чазов С. А*. Предохранение семенного зерна от механических повреждений – путь к повышению урожая / С. А. Чазов. – Свердловск, 1960.

35. *Черняев Н. П.* Технология комбикормового производства/ Н. П. Черняев – М.: Колос, 1992. – 368 с.

36. *Широков Е.П.* Технология хранения и переработки плодов и овощей с основами стандартизации/ Е.П. Широков. – М.: Агропромиздат, 1988. – 319 с. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

37. *Щербаков В.Г.* Биохимия растительного сырья / В.Г. Щербаков. – М.: Колос, 1999. – 376 с.

38. *Щербаков В.Г.* Технология получения растительных масел / В.Г. Щербаков. – М.: Колос, 1992. – 207 с.

39. *Эффективность* производства, хранения и переработки однолетних сельскохозяйственных культур и смесей (методологическая основа компьютерного тренажера-практикума первого уровня принимаемых решений) / сост. С.П. Лаврентьев, К.Г. Першилин, В.П. Лаврентьева. С.Б. Игнатенко; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2006. – 92 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица 1

Нормы естественной убыли зерна при хранении, % от хранимой массы

Продукция	Срок хранения, мес	В элеваторах	В складах		На приспособленных для хранения площадках
			насыпью	в таре	
Пшеница, рожь, ячмень, полба, тритикале	3	0,045	0,070	0,04	0,12
	6	0,055	0,090	0,06	-
	12	0,095	0,115	0,09	-
Овес	3	0,055	0,090	0,05	0,15
	6	0,065	0,125	0,07	-
	12	0,105	0,165	0,09	-
Рис – зерно	3	0,045	0,080	0,05	-
	6	0,075	0,105	0,07	-
	12	0,115	0,145	0,10	-
Гречиха	3	-	0,080	0,05	-
	6	-	0,110	0,07	-
	12	-	0,145	0,10	-
Просо, чумиза, сорго	3	-	0,11	0,06	0,14
	6	-	0,15	0,08	-
	12	-	0,19	0,10	-
Кукуруза в зерне	3	-	0,130	0,07	0,18
	6	-	0,165	0,10	0,22
	12	-	0,210	0,13	-
Соя, люпин	3	-	0,070	0,04	-
	6	-	0,090	0,06	-
	12	-	0,115	0,08	-
Горох, чечевица, бобы, вика, фасоль, нут, чина	3	-	0,07	0,04	-
	6	-	0,09	0,06	-
	12	-	0,115	0,08	-
Подсолнечник	3	-	0,20	0,12	0,24
	6	-	0,25	0,15	-
	12	-	0,30	0,20	-
Клещевина	3	-	0,10	0,08	-
	6	-	0,13	0,11	-
	12	-	0,17	0,14	
Арахис, горчица, кунжут, лён, рапс, рыжик, сафлор	3	-	0,10	0,08	-
	6	-	0,13	0,11	-
	12	-	0,17	0,14	

Таблица 2

Нормы естественной убыли семян различных культур при хранении, % от хранимой массы

Продукция	Срок хранения, мес	В элеваторах	В складах		На приспособленных для хранения площадках
			насыпью	в таре	
Пшеница, рожь, ячмень, полба, тритикале	3	0,056	0,076	0,046	0,139
	6	0,069	0,101	0,075	-
	12	0,119	0,132	0,113	-
Овес	3	0,069	0,101	0,059	0,176
	6	0,081	0,145	0,084	-
	12	0,131	0,195	0,109	-
Рис – зерно	3	0,049	0,089	0,059	-
	6	0,086	0,120	0,084	-
	12	0,136	0,170	0,121	-
Гречиха	3	-	0,089	0,059	-
	6	-	0,126	0,084	-
	12	-	0,179	0,121	-
Просо, чумиза, сорго	3	-	0,126	0,071	0,164
	6	-	0,176	0,093	-
	12	-	0,226	0,121	-
Кукуруза в зерне	3	-	0,173	0,098	0,249
	6	-	0,225	0,150	-
	12	-	0,293	0,179	-
Соя, люпин	3	-	0,076	0,050	-
	6	-	0,101	0,071	-
	12	-	0,133	0,096	-
Горох, чечевица, бобы, вика, фасоль, нут, чина	3	-	0,088	0,050	-
	6	-	0,113	0,071	-
	12	-	0,144	0,096	-
Подсолнечник	3	-	0,278	0,173	0,299
	6	-	0,353	0,218	-
	12	-	0,428	0,293	-
Клещевина	3	-	0,128	0,113	-
	6	-	0,173	0,158	-
	12	-	0,233	0,203	
Арахис, горчица, кунжут, лён, рапс, рыжик, сафлор	3	-	0,128	0,113	-
	6	-	0,173	0,158	-
	12	-	0,233	0,203	

Таблица 3

Нормы естественной убыли продуктов переработки зерна при хранении,% от хранимой массы

Продукция	Срок хранения, мес	В складах	
		насыпью	в таре
Крупа и рис обрушенный	3	-	0,04
	6	-	0,06
	12	-	0,09
	16	-	0,10
Ячневая крупа	3	-	0,04
	6	-	0,06
	8	-	0,08
Перловая крупа	3	-	0,04
	6	-	0,06
	10	-	0,08
Овсяная крупа	3	-	0,04
	7	-	0,07
Пшено	3	-	0,04
	6	-	0,06
Кукурузная крупа	3	-	0,04
	7	-	0,07
Артек и Полтавская крупа из пшеницы	3	-	0,04
	6	-	0,06
	11	-	0,09
Горох	3	-	0,04
	6	-	0,06
	12	-	0,09
	17	-	0,10
Гречневая крупа	3	-	0,04
	6	-	0,06
	12	-	0,09
	16	-	0,10
Мука пшеничная	3	-	0,05
	6	-	0,07
	12	-	0,10
Мука ржаная	3	-	0,05
	6	-	0,07
Отруби пшеничные Отруби ржаные	6	0,20	0,12

Таблица 4

Нормы естественной убыли картофеля, овощей и плодов при длительном хранении в хранилищах и складах разного типа, % от хранимой массы

Продукция	Способ хранения	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Картофель	С искусственным охлаждением	1,0	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Без искусственного охлаждения	1,3	0,9	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,9	1,1	1,8	2,0	2,5
	Бурты, траншеи	1,4	1,0	0,7	0,4	0,4	0,4	0,7	0,9	1,5	-	-	-
Свекла, редька, брюква,	С искусственным охлаждением	1,5	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,9	0,9	-	-
хрен, кольраби, пастер-	Без искусственного охлаждения	1,7	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	1,1	1,9	-	-
нак	Бурты, траншеи	1,5	1,0	0,7	0,6	0,3	0,3	0,6	0,9	2,0	-	-	-
Морковь, петрушка,	С искусственным охлаждением	2,2	1,3	1,2	0,8	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	-	-
сельдерей, репа	Без искусственного охлаждения	2,3	2,0	1,3	0,8	0,7	0,8	1,0	1,2	2,4	-	-	-
	Бурты, траншеи	1,5	1,3	1,2	0,6	0,6	0,6	0,8	0,9	2,0	-	-	-
	С переслойкой	1,2	1,0	0,6	0,4	0,3	0,4	0,4	0,6	1,2	-	-	-
Капуста бело- и красно- кочанная													
среднеспелые сорта	Без искусственного охлаждения	-	3,3	2,4	1,1	2,5	2,7	-	-	-	-	-	-
	Бурты, траншеи	-	3,3	1,8	1,0	2,0	2,5	-	-	-	-	-	-
позднеспелые сорта	С искусственным охлаждением	-	2,3	1,3	1,0	1,0	1,0	1,3	1,3	1,8	1,8	-	-
	Без искусственного охлаждения	-	2,8	2,1	1,0	1,0	1,2	1,3	1,5	-	-	-	-
	Бурты, траншеи	-	2,8	1,8	0,8	0,8	0,8	1,1	1,3	-	-	-	-

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Лук репчатый и выборок	С искусственным охлаждением	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,8	1,1	1,2	1,5	1,5
	Без искусственного охлаждения	1,7	1,2	1,1	0,6	0,6	0,6	0,6	1,0	1,7	-	-	2,5
Чеснок	С искусственным охлаждением	1,6	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,5	1,5	1,5	1,7
	Без искусственного охлаждения	3,0	2,0	1,2	1,1	1,1	1,2	1,3	1,5	-	-	-	-
Тыква	Без искусственного охлаждения	1,5	1,2	0,7	0,5	0,3	-	-	-	-	-	-	-
Яблоки													
осенние сорта	С искусственным охлаждением	1,2	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4	-	-	-	-	-	-
	Без искусственного охлаждения	2,0	1,2	1,2	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-
зимние сорта	С искусственным охлаждением	1,0	0,4	0,3	0,3	0,25	0,25	0,3	0,3	0,5	0,5	-	-
	Без искусственного охлаждения	1,8	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	-
Груши	С искусственным охлаждением	1,0	0,8	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	-	-	-
	Без искусственного охлаждения	2,0	1,6	1,4	0,7	0,6	0,6	0,6	-	-	-	-	-
Виноград	С искусственным охлаждением	0,8	0,7	0,7	0,6	0,4	0,4	0,4	-	-	-	-	-

Приложение 2

Средний химический состав зерна и семян, г/100 г

Культура	Вода	Белки	Жиры	Моно- и дисахариды	Крахмал	Клетчатка	Зола	Энергетическая ценность, ккал
Зерновые								
Пшеница								
мягкая озимая	14,0	11,2	2,1	1,2	54,0	2,4	1,7	290
мягкая яровая	14,0	12,5	2,3	0,9	53,0	2,5	1,7	291
твердая	14,0	13,0	2,5	0,8	54,5	2,3	1,7	301
Рожь	14,0	9,9	2,2	1,5	54,0	2,6	1,7	287
Тритикале	14,0	12,8	2,1	1,0	53,5	2,6	1,7	293
Овес	13,5	10,0	6,2	1,1	36,5	10,7	3,2	250
Ячмень	14,0	10,3	2,4	1,3	48,1	4,3	2,4	264
Просо	13,5	11,2	3,9	1,9	54,7	7,9	2,9	311
Гречиха	14,0	10,8	3,2	1,5	52,9	10,8	2,0	295
Рис	14,0	7,4	2,6	0,9	55,2	9,0	3,9	283
Сорго	13,5	10,6	4,1	1,6	58,0	3,5	2,2	323
Кукуруза								
зубовидная	14,0	8,3	4,0	1,6	59,8	2,1	1,2	320
кремнистая	14,0	9,2	4,2	1,6	57,3	2,2	1,2	316
крахмалистая	14,0	9,4	4,8	1,6	58,0	2,0	1,1	325
восковидная	14,0	10,1	5,0	1,5	54,3	2,0	1,5	314
сахарная	14,0	11,2	4,5	8,0	29.9	2,5	1,3	338
лопающаяся	14,0	10,7	4,3	3,0	55,0	2,0	1,1	318
в среднем	14,0	10,3	4,9	1,6	56,9	2,1	1,2	325
Зернобобовые								
Горох	14,0	20,5	2,0	4,6	44,0	5,7	2,8	298
Фасоль	14,0	21,0	2,0	3,2	43,4	3,9	3,6	292
Маш	14,0	23,5	2,0	3,8	42,4	3,8	3,5	300
Чина	14,0	24,4	2,2	3,1	38,2	4,9	3,0	286
Чечевица	14,0	24,0	1,5	2,9	39,8	3,7	2,7	284
Нут	14,0	20,1	4,3	3,2	43,2	3,7	3,0	309
Соя	12,0	34,9	17,3	5,7	3,5	4,3	5,0	332

Приложение 3

Характеристика важнейших витаминов

Традиционное обозначение	Химическое название	Физиологическая роль (для человека)	Суточная потребность человека, мг
Водорастворимые			
B_1	Тиамин	Антиневритная	3,0
B_2	Рибофлавин	Регуляция роста	3,0
B_3	Пантотеновая кислота	Антидерматитная	12,0
B_5	Никотиновая кислота или никотинамид	Антипелларгическая	25,0
B_6	Пиридоксин	Антидерматитная	2,0
B_{12}	Цианкобаламин	Антианемическая	0,001
B_{15}	Глюконодиметиламино-ацетат	Антианоксическая	2,0
B_c	Птероилглутаминовая кислота	Регуляция кроветворения	2,0
C	Аскорбиновая кислота	Антискорбутная (антицинготная)	100,0
H	Биотин	Антисеборейная	0,01
P (цитрин)	Рутин, гесперидин, катехины	Капилляроукрепляющая	50,0
PP	Никотиновая кислота	Детоксикация, ранозаживление	20,0
U	Хлорид метилметионин-сульфоний, метилметионин	Антиязвенная	20,0
Жирорастворимые			
A	Ретинол	Антиксерофтальмическая	2,5
D	Кальциферол	Антирахитическая	0,025
E	Токоферол	Антистерильная	5,0
K	Филлохинон	Антигеморрагическая	0,015
F	Ненасыщенные жирные кислоты	Регуляция жирового обмена	1000,0

Приложение 4

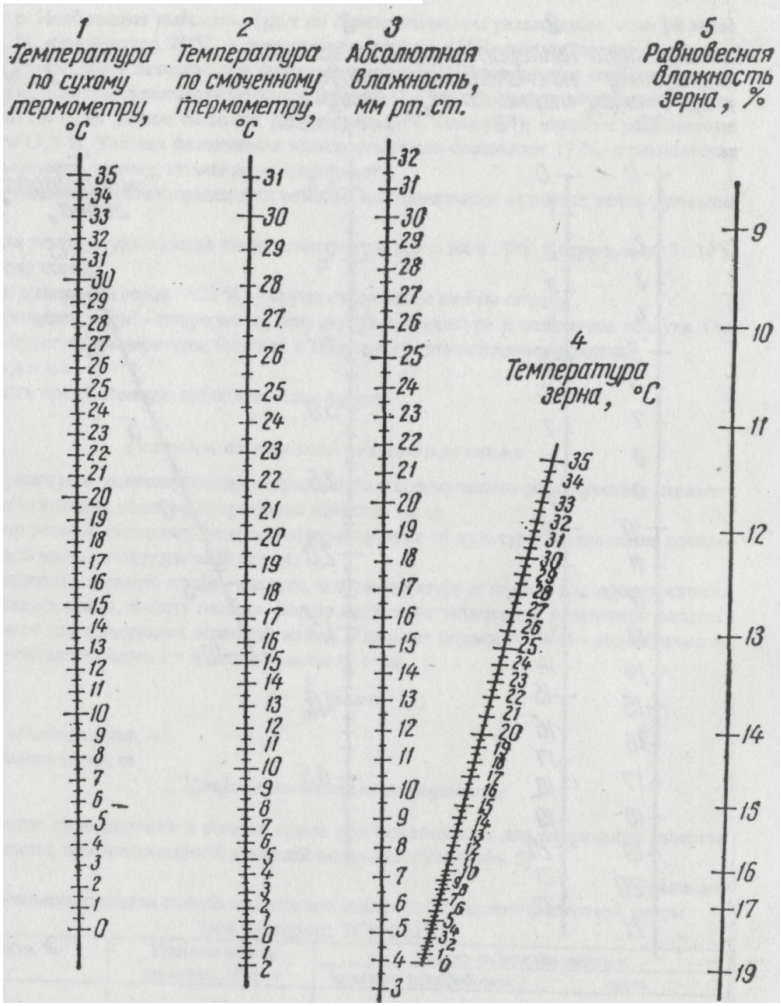


Рис. 1. Номограмма для определения равновесной влажности зерна при положительных температурах воздуха

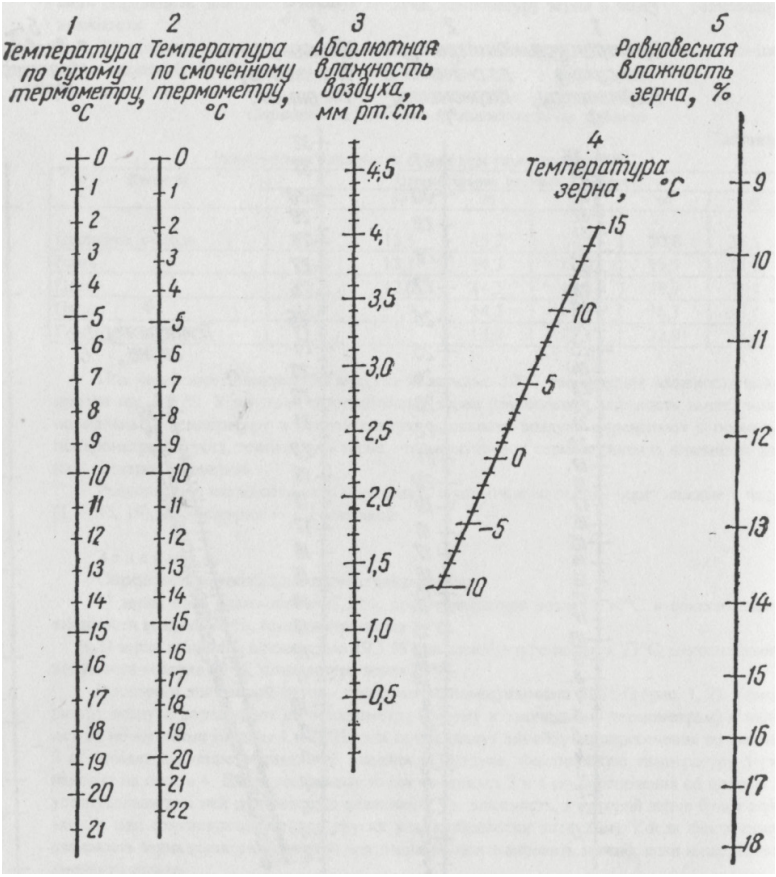


Рис. 2. Номограмма для определения равновесной влажности зерна при температуре воздуха ниже 0 °С

Приложение 5

Средняя скорость (%/ч) снижения влажности зерна в зависимости от удельной подачи воздуха и его температуры

Фактическая удельная подача воздуха, $м^3/т \cdot ч$	Температура воздуха на входе в зерновую насыпь, °С						
	15	20	25	30	35	40	45
100	0,003	0,010	0,018	0,025	0,032	0,040	0,047
200	0,006	0,021	0,035	0,050	0,065	0,080	0,095
300	0,009	0,031	0,053	0,075	0,097	0,120	0,142
400	0,012	0,041	0,071	0,100	0,130	0,160	0,189
500	0,015	0,052	0,089	0,126	0,162	0,200	0,240
600	0,018	0,062	0,106	0,151	0,195	0,240	0,280
700	0,021	0,072	0,124	0,176	0,230	0,280	0,330
800	0,024	0,083	0,142	0,200	0,260	0,320	0,380
900	0,027	0,093	0,160	0,230	0,290	0,360	0,430
1000	0,030	0,103	0,177	0,250	0,320	0,400	0,470
1100	0,033	0,114	0,195	0,280	0,360	0,440	0,520
1200	0,035	0,124	0,210	0,300	0,390	0,480	0,570

Приложение 6

Контроль режимов сушки зерна и семян активным вентилированием

Показатели	Методы контроля	Способы регулирования
1. Объем и равномерность подачи воздуха в насыпь	Определяется удельным поступлением воздуха, подаваемого на 1 т зерна за 1 ч. Для этого паспортную производительность вентиляторов делят на массу вентилируемого зерна. Равномерность обработки его воздухом проверяют крыльчатым анемометром или измеряют температуру семян в разных участках насыпи	Регулируют подбором вентиляторов или массой зерна, размещаемого на установке. Соблюдают высоту зерна на установке и выровненность поверхности
2. Температура воздуха	Измеряют спиртовыми и ртутными термометрами перед входом в насыпь семян	Максимальная температура теплоносителя не должна превышать 45–50 °С при сушке продовольственного зерна и 30–35 °С при сушке семян
3. Температура семян и зерна	Определяют по пробам, отобранным из нижних (на входе воздуха) и верхних (на выходе воздуха) слоев насыпи. Пробы помещают в деревянные ящики (10х10х15 см) с крышками. Измеряют температуру ртутными термометрами (лучше максимальными)	Регулируют температуру подаваемого в насыпь воздуха или периодически сменяют подогретый и атмосферный воздух. При пересушивании нижнего слоя уменьшают температуру или снижают высоту насыпи. Эффективным является завершение сушки при средней влажности семян до 14% и хорошем перемешивании слоев насыпи при выгрузке
4. Влажность семян и зерна	Определяют раздельно у семян различных слоев насыпи и по средней пробе. Используют влагомеры ПВЗ-10Д и другие, а также метод высушивания навески размолотого зерна (5 г) в электросушильном шкафу (40 мин при 130 °С)	Средний съём влаги регулируют удельной подачей воздуха и количеством зерна на установке
5. Время сушки	Рассчитывают по формуле (5)	Сроки сушки регулируют удельной подачей и температурой воздуха (зависят от начальной влажности зерна и семян)

Приложение 7

Контроль за режимами сушки в шахтных сушилках

Показатели	Методы контроля	Способы регулирования
1	2	3
1. Температура семян и зерна в сушилке	Отбирают пробы до 0,75–1,0 кг в деревянные ящики размером 10х10х15 см. Через отверстие в крышке вводят термометр на 7–10 мин и делают отсчет. Пробы из барабанных сушилок отбирают из шлюзового затвора разгрузочной камеры, на шахтных – из нижнего ряда подводящих коробов (при отключенном вентиляторе)	При перегреве семян снижается температура теплоносителя или увеличивается выпуск семян из сушилки
2. Температура семян и зерна после сушки	Пробы отбирают после охладительных устройств. Измеряют температуру семян так же, как и во время сушки (она не должна превышать температуру наружного воздуха более чем на 8–10 °С)	Температура снижается за счет увеличения расхода воздуха в охладительных устройствах. Можно дополнительно использовать установки активного вентилирования
3. Температура теплоносителя	Измеряют ртутными, манометрическими и электрическими термометрами. Отклонения от режима не должны превышать при сушке семян ±3, а продовольственного зерна ±5 °С. Измеряют температуру в смесительной камере или на выходе в шахту	Регулируют подачей топлива и расходом воздуха

Окончание прил. 7

1	2	3
4. Влажность семян и зерна	Определяют у каждой партии до сушки и во время сушки (через 2 ч) влагомерами. Пробы семян берут после охладительных устройств (на выходе из сушилки)	При недостаточном снижении влажности увеличивают температуру теплоносителя или уменьшают пропускную способность разгрузочного устройства сушилки. Если влажность ниже заданной, а семена не перегреваются, то увеличивают выпуск семян из сушилки
5. Внешний вид семян и зерна	Определяют по пробам, отобранным для определения влажности. При нарушении режима сушки возможны потемнение, вздутие, запаривание, «закал» и даже поджаривание отдельных семян	При запаривании (оболочка семян сырая и разбухшая) увеличивают подачу теплоносителя в сушилку, повышают температуру или уменьшают время нахождения зерна в сушилке. При наличии зерен с «закалом», вздутых, треснувших или поджаренных увеличивают их выпуск или снижают температуру теплоносителя
6. Посевные качества	Определяют жизнеспособность семян сразу же после окончания сушки. Энергию прорастания и всхожесть семян определяют через 3–4 недели после сушки	Температурным режимом

Приложение 8

Таблица 1

Коэффициент $К_к$

Культура, назначение	$К_к$ (товар.)	$К_к$ (семян)
Пшеница продовольственная, овес, ячмень продовольственный и кормовой	1,00	2,00
Пшеница сильная, ценная, твердая	1,25	2,00
Ячмень пивоваренный	1,66	2,00
Рожь	0,91	1,82
Просо	1,25	2,25
Горох	2,00	4,00
Гречиха	0,80	1,60

Таблица 2

Коэффициенты перевода количества просушенного зерна в плановые тонны (для всех конструкций сушилок)

Влажность зерна,%		Переводной коэффициент	Влажность зерна, %		Переводной коэффициент
до сушки	после сушки		до сушки	после сушки	
16	13	0,74	25	15	1,43
16	14	0,54	25	16	1,28
17	13	0,87	25	17	1,13
17	14	0,67	25	18	1,00
18	13	1,00	25	19	0,89
18	14	0,80	26	16	1,39
18	15	0,62	26	17	1,27
19	13	1,08	26	18	1,13
19	14	0,92	26	19	0,99
19	15	0,74	26	20	0.88
20	13	1,15	27	17	1,39
20	14	1,00	27	18	1,24
20	15	0,87	27	19	1,12
21	13	1,24	27	20	0,99
21	14	1,10	27	21	0,87
21	15	0,97	28	18	1,37
22	13	1,34	28	19	1,24
22	14	1,20	28	20	1.12
22	15	1,08	28	20	0,97
22	16	0,96	28	22	0,86
23	13	1,49	29	19	1,37
23	14	1,31	29	20	1,24
23	15	1,17	29	21	1,10
23	16	1,05	29	22	0,97
23	17	0,93	29	23	0,85
24	14	1,46	30	20	1.37
24	15	1,29	30	21	1,22
24	16	1,15	30	22	1,10
24	17	1,01	30	23	0,97
24	18	0,91	30	24	0.85

Приложение 9

Технико-экономическая характеристика зернохранилищ

Наименование проекта и назначение	Характеристика хранилища	Емкость, т	Общий строительный объем, м³	Площадь застройки, м²
1	2	3	4	5
813–120. Механизированное семенохранилище для очищенных семян зерновых и зернобобовых культур	Одноэтажное секционное хранилище. Секции емкостью 500 т разделены на 4 закрома. Высота насыпи 2,5 м. Загружают семена двумя ленточными транспортерами, выгружают аэрожелобами и нижним ленточным транспортером. Стены из сборных железобетонных панелей. Перекрытия и покрытия из сборных железобетонных плит. Перегородки кирпичные, пол асфальтированный	500 1000 1500 2000	2845 4820 6785 8746	490 819 1148 1477
813–136. Семенохранилище для временной консервации влажных (до 22 %) и длительного хранения сухих семян зерновых, бобовых и крупяных культур	Одноэтажное секционное хранилище напольного типа. Закрома по 125 т. Высота загрузки 2,5 м. Механизация с помощью двух верхних и нижнего ленточных транспортеров. Активная вентиляция через аэрожелоба. Оборудовано холодильной машиной ХВМ-1–30, подключенной к аэрожелобам. Стены из сборных железобетонных панелей, покрытия из сборных железобетонных плит. Производительность на приеме 20 т/ч	1000 2000 2500	4682 8602 12522	760 1408 2056

Окончание прил. 9

1	2	3	4	5
813–137. Семенохранилище с отделением протравливания и затаривания	Одноэтажное секционное. Закрома по 125 т. Хранение в мешках штабелями на поддонах (до 300 т). Конструктивно сходно с хранилищем ТП 813–136. Имеет двухэтажное отделение приема, протравливания и затаривания семян	1300 2300	7794 11654	1305 1957
813–138. Механизированный зерносклад для хранения продовольственного и кормового зерна	Напольное с 4 секциями по 125 т каждая или без секций. Высота насыпи 4,3 м у стен и 6,8 м в центре хранилища. Полностью механизированы загрузка, выгрузка и транспортирование зерна. Активная вентиляция через аэрожелоба. Производительность на приеме до 50 т/ч. Стены и перегородки кирпичные, колонны и балки железобетонные, перекрытия из сборных железобетонных плит, полы асфальтобетонные	5000	15184	1710
813–180. Механизированное для хранения продовольственного, кормового зерна и семян	Имеет две секции – напольного хранения продовольственно-кормового зерна и хранения семян в таре. Первая секция оборудована системой активного вентилирования. Для внутрискладских работ используют зернометатель ЗМ-60. В другой секции семена хранят в мешках и штабелями на поддонах. Применяется авто- или электропогрузчик	1600	7036	1235

Приложение 10

Таблица 1

Условия хранения основных видов плодов и овощей в хранилищах с воздушным охлаждением и холодильниках

Вид плодов и овощей	Постепенное охлаждение	Температура, °С	Относительная влажность воздуха,%	Срок хранения, мес	Примечание
Картофель	Да	2–6	90–95	5–8	Недозревшие клубни нуждаются в лечебном периоде
Капуста бело- и краснокочанная	Нет	-1–0	90–95	4–7	-
Морковь	Нет	0	90–95	3–7	Для слаболежких видов корнеплодов рекомендуется переслойка песком и упаковка в негерметичные полиэтиленовые пакеты
Свекла	Нет	0	90–95	3–8	
Брюква, репа, редька	Нет	0	90–95	3–7	
Редис	Нет	0	90–95	1–2	
Хрен	Нет	-2–0	90–95	До 12	
Лук продовольственный	Нет	-3–0	До 80	6–8	Необходима послеуборочная сушка невызревших партий
Лук севок	Нет	18–22 или –3–0	70–65	7	Лук-севок холодного хранения отеплять постепенно
Чеснок	Нет	-1–0	80–85	5–7	-
Тыква	Нет	3–10	70–80	3–6	-
Арбуз	Нет	3–5	80–90	1–3	-
Томаты зеленые	Да	12–15	85–90	1–2	-
Томаты розовые	Да	8–10	85–90	До 1	-
Томаты красные	Нет	2–8	85–90	До 0,5	-
Огурцы	Нет	2–10	90–95	До 0,5	-
Перец овощной	Нет	2–8	90–95	До 0,5	-
Яблоки	Да	-1–4	90–95	1–8	-

Таблица 2

Условия хранения некоторых видов плодов и овощей в хранилищах с контролируемой атмосферой

Вид плодов и овощей	Температура, °С	CO_2,%	O_2,%	Срок хранения, мес
Яблоки	0–4	3–8	3–16	5–8
Груши	0–2	4–5	2–3	3–6
Земляника	0	До 10	1–2	0,3
Вишня	0–2	До 10	2–3	1
Слива	0	3	3	1,5
Персики	0 до –1	3	2	1,5
Виноград	-1	3	2	6
Капуста кочанная	0	0–3	3	7
Капуста цветная	0	0–3	3	1,5
Салат кочанный	0	3	2	6
Морковь	0	0–1	2	6

Примечание. Относительную влажность среды в камерах с контролируемой атмосферой поддерживают на уровне 90–95 %

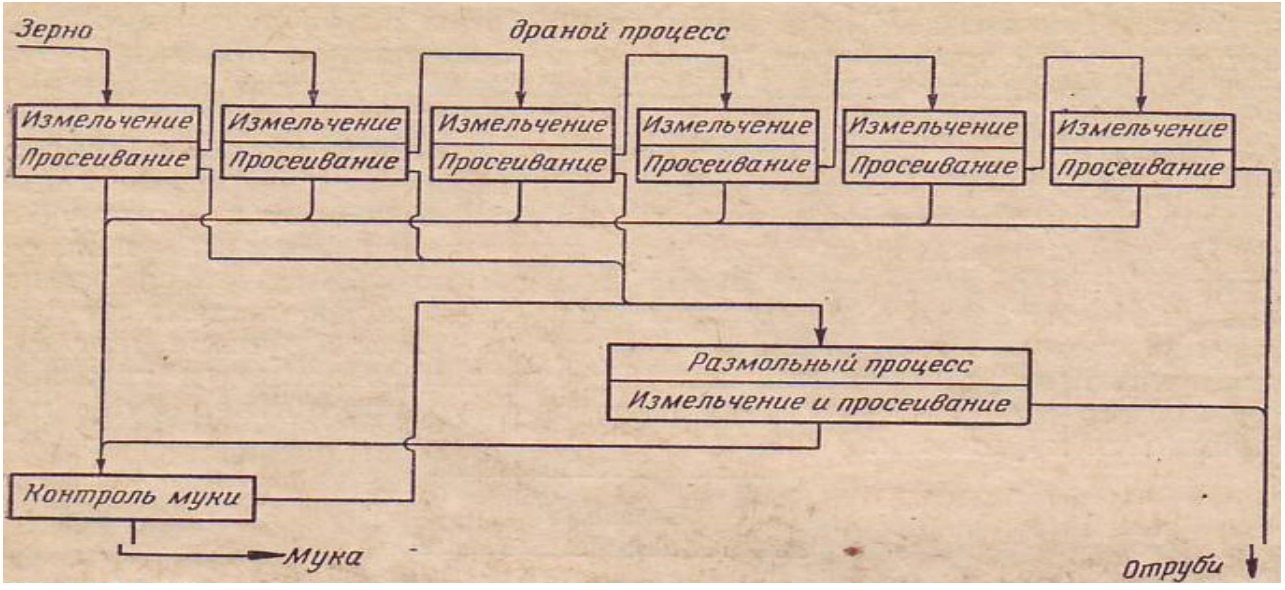


Рис. 1. Принципиальная схема повторительного помола без обогащения промежуточных продуктов

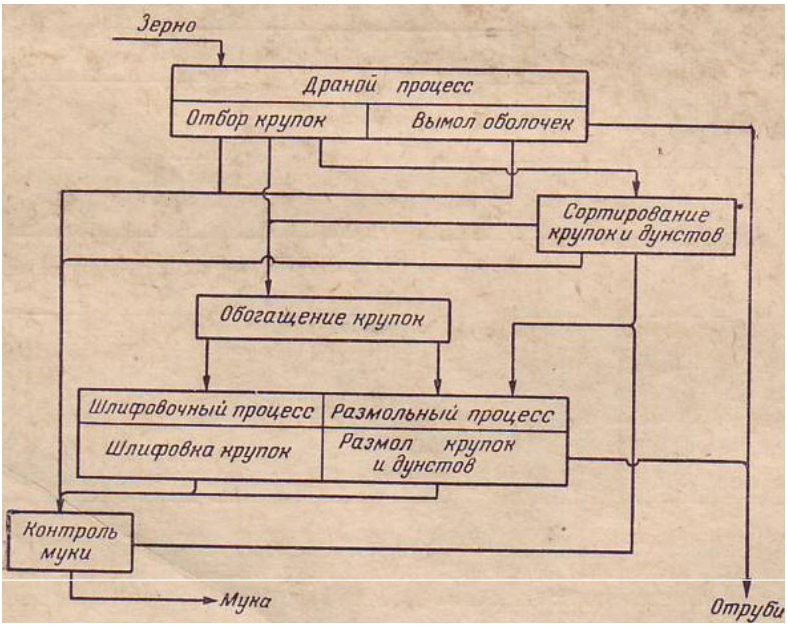


Рис. 2. Принципиальная схема повторительного помола с обогащением промежуточных продуктов

Приложение 12

Таблица 1

Классификация промежуточных продуктов, получаемых при сортовых помолах пшеницы

Наименование	Крупность			Зольность,%
	проход через сито №	сход с сита №	размер частиц, мм	
Верхние сходы				
первый	-	1,6	-	-
второй	1,6	1,0	1,0–1,6	-
Крупки				
передирная	1,0	080	0,80–1,00	1,7–2,5
крупная	1,0	056	0,57–1,00	0,9–2,0
средняя	056	160	0,45–0,55	0,7–1,1
мелкая	160	200	0,31–0,45	0,6–1,0
Дунст				
жесткий	200	27	0,28–0,31	0,55–0,90
мягкий	27	38	0,16–0,28	0,50–0,80

Таблица 2

Нормы качества продукции, вырабатываемой из зерна

Наименование	Зольность, %, не более	Крупность			Содержание сырой клейковины, %, не менее
		остаток на сите,%	проход через сита		
			%, не более	%, не менее	
Мука пшеничная хлебопекарная					
крупчатка	0,60	23/2*	35/10	-	30
высший сорт	0,55	43/5	-	-	28
первый сорт	0,75	35/2	-	43/75	30
второй сорт	1,25	27/2	-	38/60	25
обойная**	-	67/2	-	38/30	20
Продукция для макаронных изделий					
из твёрдых пшениц					
крупка	0,75	140/3	260/10	-	30
полукрупка	1,10	190/5	43/35	-	32
второй сорт	1,75	27/2	-	38/60	25
из мягких пшениц					
крупка	0,55	150/3	260/15	-	28
полукрупка	0,75	190/3	43/50	-	30
второй сорт	1,25	27/2	-	38/60	25
Мука ржаная					
сеяная	0,75	27/2	-	38/90	-
обдирная	1,45	45/2	-	38/60	-
обойная**	-	67/2	-	38/30	-
Манная крупа					
марка М	0,60	23/8	38/2	-	-
марка МТ	0,70	23/5	38/1	-	-
марка Т	0,85	23/5	38/1	-	-

* Числитель – номер сита, знаменатель – сход или проход,%.

** Зольность обойной муки должна быть ниже зольности зерна в приёмном устройстве не менее чем на 0,07%, при этом зольность ржаной обойной муки не должна превышать 2%.

Приложение 13

Химический состав ржаного и пшеничного хлеба (на 100 г)

Химические вещества	Хлеб ржаной из сеяной муки	Хлеб пшеничный высшего сорта
Вода, г	42,4	37,8
Белки, г	4,7	7,6
Жиры, г	1,0	0,8
Моно- и дисахариды, г	1,0	0,7
Крахмал и декстрины, г	42,7	47,9
Клетчатка, г	0,3	0,1
Органические кислоты, г	0,6	0,3
Зола, г	1,7	1,7
Na, мг	527	499
K, мг	136	93
Ca, мг	18	20
Mg, мг	19	14
P, мг	87	65
Fe, мг	2,8	1,1
B_1, мг	0,08	0,11
B_2, мг	0,04	0,03
PP, мг	0,63	0,92
Энергетическая ценность, ккал	209	238

Приложение 14

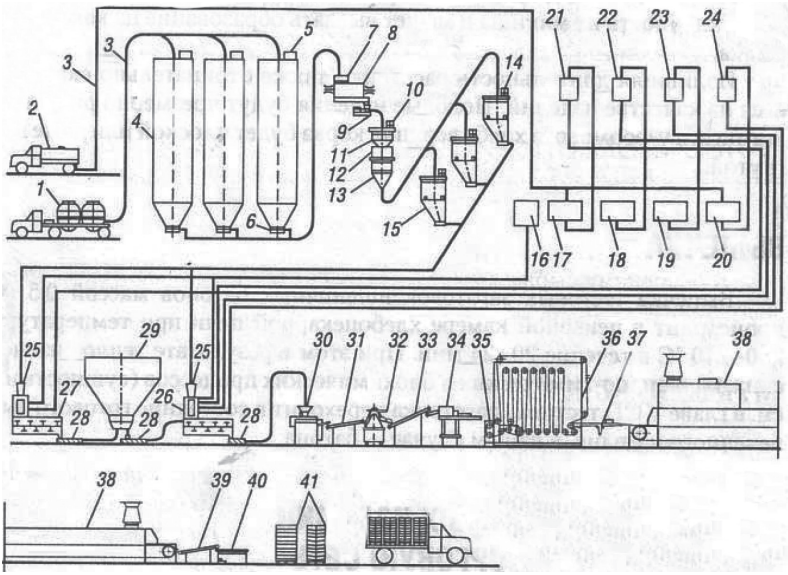


Рис. 1. Схема производства хлеба на современном хлебозаводе:

1– автомуковоз; 2 – автомобиль для бестарной перевозки дополнительного сырья; 3 – материалопроводы; 4 – емкость для хранения муки; 6 – роторный питатель; 5,10,14 – фильтры; 7 – емкость перед просеивателем; 8 – просеиватель; 9 – шнековый питатель; 11 – бункер (промежуточная емкость); 12 – весы автоматические порционные; 13 – бункер под весами; 15 – производственный бункер для муки; 16 – водомерный бачок; 17 – сборник для раствора соли; 18 – сборник для дрожжевого молока; 19 – сборник для раствора сахара; 20 – сборник для жира; 21 – бачок постоянного уровня для раствора соли; 22 – бачок постоянного уровня для жидких дрожжей; 23 – бачок постоянного уровня для раствора сахара; 24 – бачок постоянного уровня для жира; 25 – фильтр-разгрузитель; 26 – дозатор муки и дополнительного сырья; 27 – тестомесильная машина непрерывного действия; 28 – шнековый питатель для подачи опары или теста; 29 – бункерный тестоприготовительный агрегат непрерывного действия; 30 – тестоделитель; 31, 33 – транспортеры; 32 – округлитель; 34 – закаточная машина; 35 – механизм для укладки тестовых заготовок в расстойный шкаф; 36 – расстойный шкаф вертикального типа; 37 – транспортер для пересадки тестовых заготовок на под печи; 38 – печь с тоннельной пекарной камерой; 39 – транспортер для подачи хлеба; 40 – циркуляционный конвейер; 41 – контейнер для хлеба

Приложение 15

Дефекты хлебобулочных изделий, причины и способы устранения

Дефекты	Причины	Способы устранения
1	2	3
Дефекты, обусловленные плохим качеством муки		
Посторонний запах или привкус	Наличие в муке примесей полыни, горчака и др.	Переработать муку в смеси с нормальной в дозе, устраняющей недостаток
Хруст при разжёвывании	Наличие в муке минеральной примеси	Не допускать данную муку в переработку
Мякиш липкий, темного цвета. Пористость крупная неравномерная. Корка интенсивно окрашена, имеет красноватый оттенок. Вкус хлеба сладковатый. Форма подового хлеба иногда расплывчатая	Мука смолота из проросшего зерна, в ней повышенное содержание водорастворимых веществ («мука слабая на жар»). Клейковина слабая, неэластичная с чрезмерной растяжимостью	Переработать муку в смеси с нормальной в дозе, устраняющей недостаток. Повышать кислотность полуфабрикатов на 1–2 град., для чего надо увеличить длительность брожения опары, закваски при пониженной температуре 27–28 °С; добавить при замесе готовую опару или тесто, жидкие дрожжи; готовить густую опару (65–70 % муки, влажностью 43–44 %); для подового хлеба тесто готовить при температуре 28–29 °С с понижением влажности на 1 % и увеличением кислотности на 1 град. Рекомендуется: увеличить количество соли для хлеба из сортовой муки до 1,8 %, из обойной – до 2 %; уменьшить массу куска теста и продолжительность выпечки; сократить продолжительность расстойки теста, не доводить её до полной готовности

Продолжение прил. 15

1	2	3
Мякиш плотный, заминающийся, более тёмного цвета. Вкус хлеба солоделый	Мука смолота из морозобойного зерна. Клейковина короткорвущаяся, даже крошковатая	Тесто готовить опарным способом, лучше на жидких дрожжах. Опару ставят из 55–60 % всей муки при температуре 26–27 °С. Кислотность опары повышают добавлением спелой опары или теста. Тесто готовят при температуре 27–28 °С; сокращают длительность брожения до 30–35 мин; увеличивают продолжительность выпечки. Не допускают перебраживания опары и затягивания времени с разделкой теста
Хлеб малого объёма, с плотным мякишем, слаборазвитой толстостенной пористостью, с бледной коркой	Мука из зерна, подвергшегося сушке с нарушением режима или самосогреванию	Те же, что для муки из морозобойного зерна
Хлеб небольшого объёма, с плотным малоразрыхленным малоэластичным мякишем. Подовый хлеб расплывчатой формы. Верхняя корка иногда покрывается неглубокими трещинами	Мука из зерна, повреждённого клопом-черепашкой. Клейковина отмывается в малом количестве или совсем не отмывается. Клейковина липкая, неэластичная. Тесто из такой муки быстро разжижается	Увеличить кислотность опары на 1–2 град., для чего используют жидкие дрожжи или спелую опару 5–10 % от массы перерабатываемой муки. Температура теста при брожении не должна превышать 28–29 °С, его влажность снижают на 1 %, увеличивают количество соли для хлеба из сортовой муки до 1,8 %, из обойной до 2 %. Расстойку тестовых заготовок сокращают до минимума
Дефекты, обусловленные плохим качеством дополнительного сырья		
Горький привкус изделий	Прогорклый жир	Прогорклый жир не допускать в производство
Изделия малого объёма, с плохо разрыхленным мякишем, с трещинами на верхней корке. Тесто плохо и долго бродит	Низкое качество дрожжей (прессованных или жидких)	Увеличить дозу дрожжей. Проверить качество жидких дрожжей, прессованные активировать

Продолжение прил. 15

1	2	3
Дефекты, обусловленные нарушениями в технологическом процессе		
Хлеб тяжёлый, подовый – расплывчатый, формовой – имеет плоскую верхнюю корку. Мякиш – с крупной пористостью, влажный, липкий	Допущена повышенная влажность теста	Уменьшить количество воды при замесе теста
В хлебе встречаются комочки непромешанной муки	Недостаточные продолжительность или тщательность замеса	Увеличить продолжительность замеса или отрегулировать работу тестомесильной машины
Хлеб слабосолёный, расплывчатый, мякиш не достаточно пропечённый, липкий	Нарушена рецептура дозирования соли	Проверить дозу соли при замесе
Хлеб пересоленный, мякиш грубый, пористость толстостенная	То же	То же
Хлеб с неравномерной пористостью	При замесе теста залита горячая вода	Установить нормальную температуру воды при замесе теста
Хлеб пресный, на поверхности пузыри с тонкой подгоревшей корочкой, лопающейся при надавливании. Пористость малоразвитая, мякиш непропечённый, корка может отставать от мякиша. Малый объём хлеба	Недостаточная продолжительность брожения опары или теста (тесто моложавое)	Увеличить продолжительность брожения опары или теста

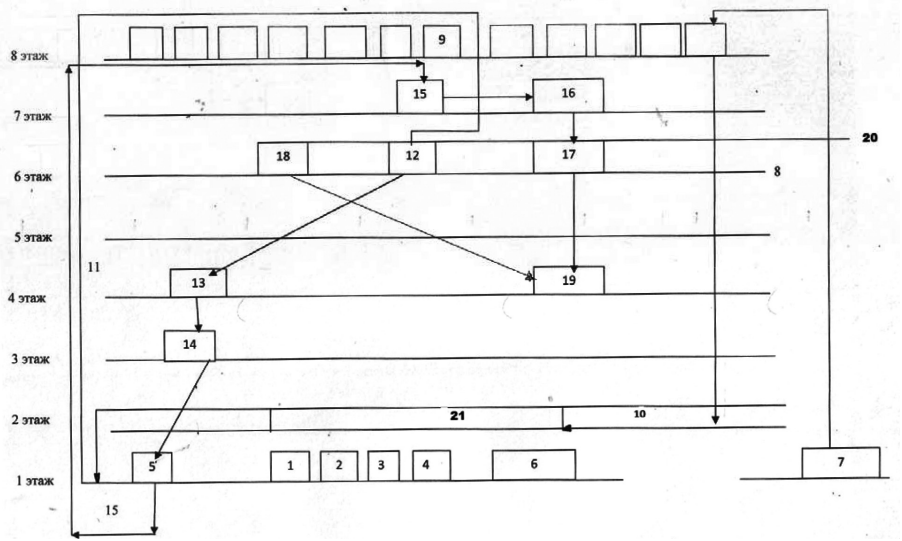
Продолжение прил. 15

1	2	3
Хлеб с бледной коркой, с трещинами, кислый по вкусу и запаху; в мякише иногда разрывы	Перебродившее, закисшее тесто	Установить нормальную продолжительность брожения
Неправильная форма изделий, особенно булочных	Неправильная формовка и разделка	Отрегулировать работу тесторазделочных машин
Верхняя корка формового хлеба выпуклая и подорвана с боков. Подовый хлеб имеет шаровидную форму с боковыми наплывами	Недостаточная расстойка изделий перед выпечкой	Увеличить продолжительность расстойки теста
Верхняя корка формового хлеба плоская или вогнутая (опавшая), подовый хлеб расплывчатый, пористость неравномерная	Недостаточная проработка заготовок при формовке и чрезмерная продолжительность расстойки	Отрегулировать работу тесторазделочных машин и сократить продолжительность расстойки теста
Небольшие трещины на поверхности хлеба	Заветривание теста при расстойке	Устранить сквозняки. Вести расстойку в специальных камерах
Отслаивание корки от мякиша, разрывы мякиша	Удары кусков теста или форм с тестом при посадке в печь или в начале выпечки	Устранить толчки при посадке в печь и выпечке хлеба
Подгорелая и слишком толстая корка хлеба	Длительная выпечка при нормальной температуре	Сократить продолжительность выпечки
Корка подгорелая, но мякиш хлеба не пропечён	Высокая температура в пекарной камере или неравномерный её нагрев	Отрегулировать нагрев пекарной камеры

Окончание прил. 15

1	2	3
Корка матовая, сероватая, иногда с трещинами	Отсутствие пара в пекарной камере	Увлажнить пекарную камеру
Бледная корка, хлеб тяжёлый, мякиш недостаточно пропечён, липкий	Недостаточная длительность выпечки при нормальной температуре в печи или слишком плотная посадка хлеба на под или люльку печи	Увеличить продолжительность выпечки и отрегулировать плотность посадки хлеба на под или люльку печи
Бледная, но толстая корка, часто покрыта трещинками, хлеб тяжёлый, мякиш сыропёклый, липкий	Недостаточный или неравномерный нагрев пекарной камеры	Отрегулировать нагрев пекарной камеры
Бледная боковая корка, подовый хлеб с «притисками»	Недостаточное расстояние между формами или кусками теста при выпечке	Увеличить расстояние между формами или заготовками при выпечке
Отслаивание корки	Небрежное обращение с горячим хлебом при выемке из печи	Устранить небрежное обращение с хлебом. Не укладывать горячий хлеб в два и больше рядов
Уплотнение мякиша (закал) в ржаном хлебе	Неосторожное обращение с горячим хлебом при выемке из форм и в течение нескольких минут после выемки из печи. Плохая пропечённость. Пониженное качество муки (солоделость). Повышенная влажность мякиша	Устранить неосторожное обращение с хлебом при выемке из печи. Горячий хлеб укладывать в один ряд. Соблюдать режим выпечки. Переработать в смеси с другой мукой. Повысить кислотность теста. Уменьшить количество воды при замесе теста

Приложение 16



Технологический процесс приема и подготовки сырья и приготовления комбикормов на комбикормовом заводе ОАО «Кудряшовское» Новосибирской области:

1–5 – дробилки; 6 – воздуходувки; 7 – пункт приема зерна железнодорожным и автомобильным транспортом; 8 – нория; 9 – силосы с неочищенным зерном; 10 – скребковый транспортер; 11– нория; 12 – сепаратор; 13 – магнитная колонка; 14 – силос с очищенным зерном; 15 – пневматический транспортер; 16 – рассев; 17 – силос с дробленкой; 18 – наддозаторный бункер со смесью минерального сырья; 19 – узел основного дозирования; 20 – узел подачи смеси минерального сырья, 21 – шелушитель

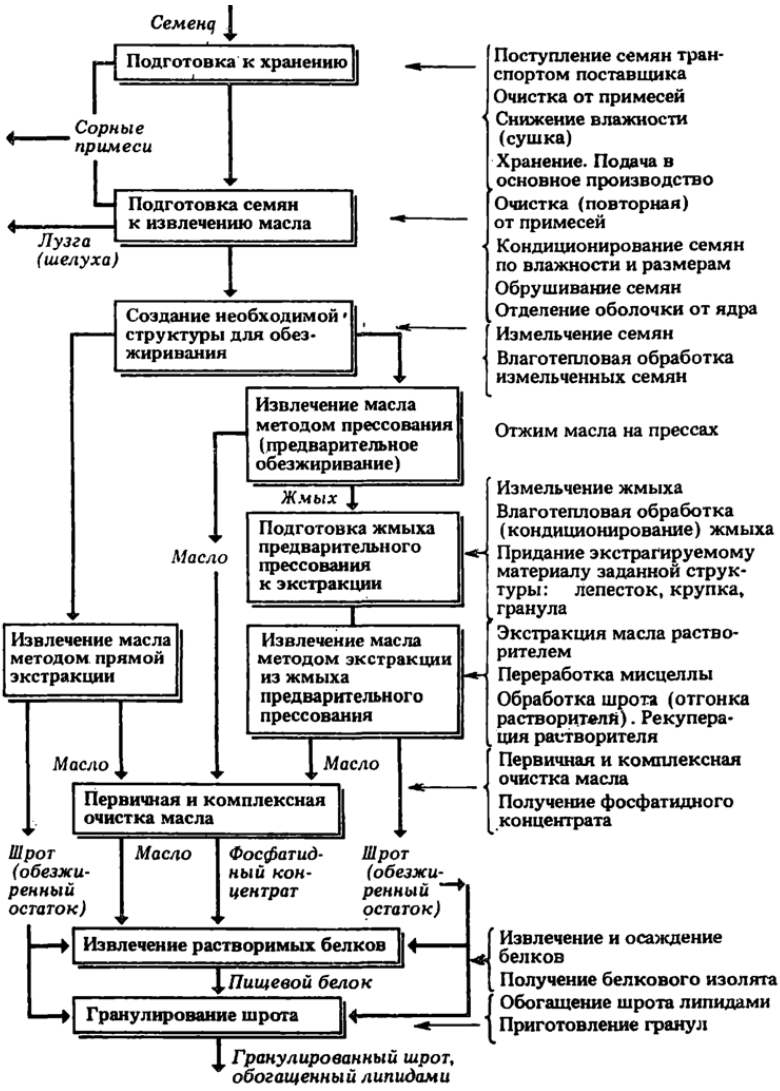


Рис. 1. Последовательность операций переработки растительного масличного сырья

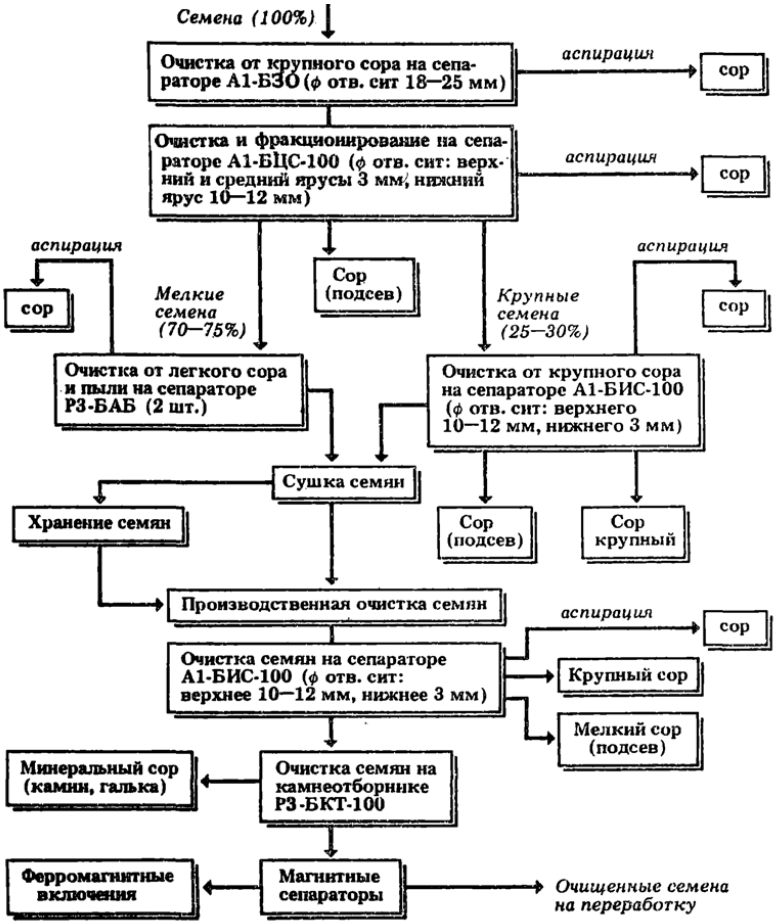


Рис. 2. Технологическая схема подготовки маслосемян

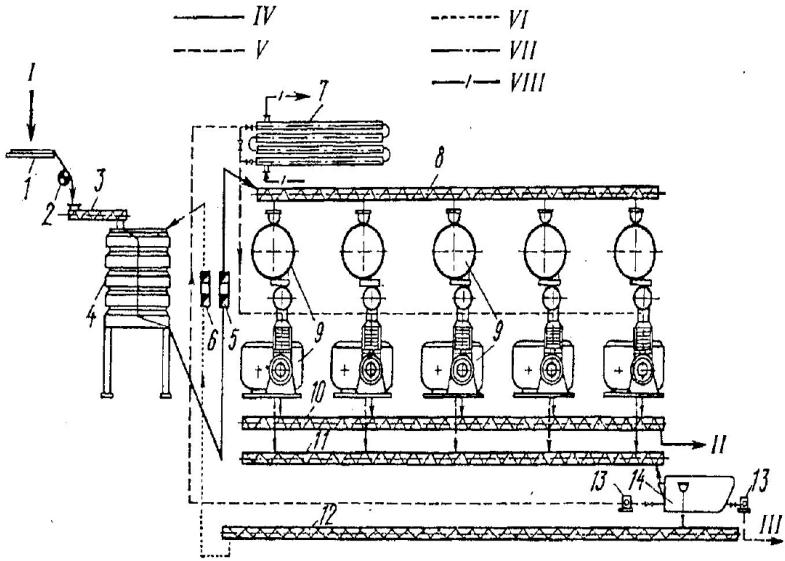


Рис. 3. Типовая схема переработки масличных семян однократным прессованием:

1 – сотрясательное сито; 2 – электромагнитный сепаратор; 3 – инактиватор; 4 – чанные жаровни; 5, 6 – нории; 7 – холодильник; 8 – распределительный шнек; 9 – прессы; 10,12 – шнеки; 11 – сборный шнек; 13 – насос; 14 – гущеловушка; *I* – мятка; *II* – жмых; *III* – масло; *IV* – мятка, мезга, жмых; *V* – масло; *VI* – зеерная осыпь, фильтропрессовый шлам; *VII* – инертный газ (диоксид углерода, азот); *VIII* – вода

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. Потери сельскохозяйственной продукции и меры борьбы с ними 7
2. Состав и физические свойства свежеубранных растительных масс 14
3. Биохимия зерна. Значение и изменчивость химического состава зерна в процессе хранения и переработки 22
4. Сочная продукция как объект хранения и переработки 43
5. Физиологические процессы, происходящие в растительных массах при хранении 55
6. Биологические основы хранения сельскохозяйственной продукции 63
7. Жизнедеятельность микроорганизмов при хранении растительного сырья 68
8. Жизнедеятельность насекомых, клещей и нематод 79
9. Самосогревание и отпотевание хранящейся продукции 92
10. Приёмы подготовки продукции к хранению 99
11. Хранение продукции растениеводства 126
12. Выявление, формирование и продажа высококачественных партий зерна яровой пшеницы 165
13. Основы мукомольного производства 170
14. Хлебопекарное производство 209
15. Крупяное производство 252
16. Производство комбикормов 260
17. Производство растительных масел 278
18. Основы консервирования плодоовощной продукции 287

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 293

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ 296

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 301

ПРИЛОЖЕНИЯ 305

Составители:
Медведева Зинаида Михайловна
Шипилин Николай Николаевич
Бабарыкина Светлана Анатольевна

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Учебное пособие

Редактор *Т. К. Коробкова*
Компьютерная верстка *В. Н. Зенина*

Подписано в печать 12 мая 2015 г. Формат $60 \times 84\,^{1}/_{16}$.
Объем 16,5 уч.-изд. л., 21,25 усл. печ. л. Тираж 100 экз.
Изд. № 24. Заказ № 1335.

Отпечатано в Издательском центре НГАУ «Золотой колос»
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.
Тел. (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru