

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛАРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ А. А. КУЛЕШОВА»

А. А. Горновский, А. А. Киселёв, О. А. Цыркунова

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

КУРС ЛЕКЦИЙ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
в сфере высшего образования Республики Беларусь
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений образования, обеспечивающих получение
общего высшего образования по специальности
6-05-0811-01 Производство продукции растительного происхождения*

Горки
Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия
2025

УДК 664.8.03:631.56(075.8)

ББК 41/47я73

Г69

*Одобрено методической комиссией
агротехнологического факультета 23.04.2024 (протокол № 8)
и Научно-методическим советом
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии
24.04.2024 (протокол № 8)*

Авторы:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *A. A. Горновский*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *A. A. Киселёв*;
старший преподаватель *O. A. Цыркунова*

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *M. O. Моисеева*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *E. L. Андроник*

Горновский, А. А.

Г69 Биологические основы хранения и переработки продукции растениеводства. Курс лекций : учебно-методическое пособие / А. А. Горновский, А. А. Киселёв, О. А. Цыркунова. – Горки : Белорус. гос. с.-х. акад., 2025. – 83 с.

ISBN 978-985-882-721-2.

Раскрыты теоретические вопросы по основным темам дисциплины.

Для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение общего высшего образования по специальности 6-05-0811-01 Производство продукции растительного происхождения.

УДК 664.8.03:631.56(075.8)

ББК 41/47я73

ISBN 978-985-882-721-2

© Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия, 2025

Тема 1. ВВЕДЕНИЕ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

- 1.1. Содержание предмета, его цель и задачи.
- 1.2. Продукция растениеводства как объект хранения.
- 1.3. Влияние биотических и абиотических факторов на сохранность продукции растениеводства.
- 1.4. Принципы хранения продукции растениеводства и переработки растительного сырья.
- 1.5. Виды потерь растениеводческой продукции и борьба с ними.

1.1. Содержание предмета, его цель и задачи

Сохранение и рациональное использование всего выращенного урожая и получение максимума изделий из сырья – одна из основных государственных задач. Важнейшим источником пополнения продовольственного фонда является сокращение потерь растениеводческой продукции при уборке, транспортировке, хранении и переработке. В области хранения растениеводческой продукции скрыты огромные резервы. Прибавка в ресурсах потребления может составить до 20 %, а по некоторым видам продукции и до 40 %. При этом затраты на устранение потерь растениеводческой продукции значительно ниже, чем на ее выращивание.

Овладение технологией сохранения урожая требует хорошей эрудиции, агрономических, технических и других знаний. В настоящее время назрела необходимость целенаправленной и тщательной подготовки специалистов для этой специфичной и крайне ответственной отрасли. Особенность дисциплины состоит в том, что в процессе ее изучения необходимо научиться предупреждать и устранять потери сырья и получаемой из него продукции, бережливо использовать растениеводческое сырье, так его обрабатывать, чтобы всякий отход превращался в продукт высокой ценности.

Развитие технологии хранения растениеводческой продукции является одним из источников роста продуктивности сельскохозяйственного производства. Знание биологических основ хранения и переработки продукции растениеводства и современных методов дисциплины позволит специалисту совершенствовать способы возделывания, хранения и переработки растениеводческого сырья для повышения урожайности, выхода готовой продукции и накопления в ней наиболее ценных веществ в соответствии с требованиями к качеству продуктов.

Цель дисциплины – обучение высококвалифицированному решению проблем, связанных с совершенствованием организации хранения и переработки продукции растениеводства.

Задачи дисциплины: освоение теоретических основ хранения и переработки продукции растениеводства; освоение способов регулирования биохимических процессов при хранении и переработке продукции растениеводства; формирование целостного представления о биологических процессах, происходящих в растениеводческой продукции при ее хранении и переработке.

1.2. Продукция растениеводства как объект хранения

Свежеубранная продукция растениеводства при поступлении к месту хранения имеет очень разнообразный физический состав: в ней кроме полноценных объектов основной культуры присутствуют дефектные объекты (поврежденные в процессе уборки, испорченные вредителями, грызунами) 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, используют набор приемов, повышающих устойчивость продукции при хранении и улучшающих ее характеристики при дальнейшей переработке. К таким приемам относят очистку от примесей, калибровку, активное вентилирование, сушку, борьбу с вредителями, искусственное охлаждение, химическое консервирование и др.

Устойчивость продукта при хранении зависит от его химического состава, физической структуры и реакции на воздействие факторов окружающей среды. А поскольку продукты растениеводства представляют собой живые организмы или органическую массу, содержащую значительное количество воды и биологически активных веществ, хранение их особенно затруднено.

Полезные свойства урожая различных культур, возможность и целесообразность использования его на те или иные цели, а также его сохранность определяются прежде всего особенностями химического состава урожая. В первую очередь имеет значение содержание воды в продукции. Зерно и семена – продукция с высокой концентрацией сухих веществ, низкой влажностью и большой энергетической ценностью.

стью. Поэтому зерно, имеющее низкую влажность, сохранить проще.

На сохранность продукции растениеводства также влияет множество других факторов. Среди них можно выделить следующие основные.

Физиологические особенности – культура и сорт, наличие периода покоя, периода послеуборочного созревания. Чем длиннее период покоя и период послеуборочного созревания, тем выше лежкость этой группы продукции.

Морфоанатомические особенности – наличие покровных тканей, обладающих определенной прочностью, наличие защитного липидного слоя клеток на кожице, плотность тканей и др.

Условия выращивания – природно-климатические условия, тип и плодородие почвы, обеспеченность ее микроэлементами, сбалансированность минерального питания, выполнение основных агротехнических приемов по возделыванию.

Условия уборки и доработки – своевременность, вид и способ уборки и обработки, погодные условия, состояние и типы машин.

Внешние условия при хранении – температура, влажность и состав воздуха.

Благоприятная температура хранения зависит от вида продукции. Например, плодовоощущную продукцию по отношению к температуре условно можно подразделить на три группы:

- продукция 1-й группы может храниться при температурах ниже 0 °C (капуста, лук, чеснок, некоторые сорта яблок и груш);

- продукция 2-й группы может храниться при температурах, близких к 0 °C (большая часть продукции);

- продукция 3-й группы может храниться при относительно высоких положительных температурах 5–10 °C (томаты, перцы, баклажаны, цитрусовые, тыквенные).

Зерно и семена могут храниться в более широком диапазоне температур, однако лучше при пониженных.

Для большинства видов плодов и овощей оптимальная *относительная влажность воздуха (OBB)* при хранении составляет 90–95 %, но здесь надо учитывать особенности продукции. Так, например, зеленые овощи имеют развитую листовую поверхность и тонкие покровные ткани. Из-за большой поверхности испарения они быстро теряют тургор и увядают, поэтому хранят их при OBB 96–98 %. А лук, чеснок, тыквенные, цитрусовые надежно защищены от испарения сухими чешуями или толстыми покровными тканями, и их можно хранить при OBB 70–80 %. Зерно, наоборот, требует пониженной влажности при хранении.

Газовый состав среды. Увеличение концентрации СО₂ при одновременном снижении концентрации О₂ снижает интенсивность дыхания, удлиняет период покоя, замедляет процессы дозревания и старения, подавляет жизнедеятельность микроорганизмов и в связи с этим увеличивает срок хранения.

1.3. Влияние биотических и абиотических факторов на сохранность продукции растениеводства

Сохранность продукции растениеводства при хранении зависит от различных факторов, которые подразделяются на две группы:

1. Абиотические факторы – компоненты неживой природы, условия внешней среды, влияющие на сохранность продуктов.

2. Биотические факторы – связаны с живым началом, с природой продуктов как живых организмов. Они весьма многообразны.

Биотические и абиотические факторы сохранности продуктов взаимосвязаны между собой. Интенсивность различных процессов жизнедеятельности растительных организмов можно ослабить или усилить изменением условий внешней среды при хранении.

Таким образом, абиотические факторы влияют на сохранность продуктов не прямо, а косвенно, через интенсивность биотических факторов.

К абиотическим факторам относятся:

1. Температура.

Она оказывает решающее влияние на величину естественной убыли и актируемые потери продуктов. Пределы оптимальных значений температуры для хранения плодов и овощей находятся между точкой замерзания и температурами, ускоряющими их старение и отмирание. Для большинства видов растительной продукции это температуры, близкие к 0 °С, при которых замедляются все биологические процессы.

2. Относительная влажность воздуха в хранилище.

Для сочной плодовоощной продукции она должна быть достаточно высокой (80–95 %), чтобы предотвратить ее увядание и потерю тургора.

Зерно и семена необходимо хранить при относительной влажности воздуха, не превышающей 70 %, для предотвращения сорбции (поглощения) водяных паров из воздуха и увлажнения зернопродуктов, так как при этом значительно снижается их устойчивость при хранении.

3. Газовый состав воздуха.

Повышенные концентрации СО₂ и пониженные до определенных пределов концентрации О₂ оказывают положительное влияние на со-

храняемость и лежкость плодов и овощей за счет снижения интенсивности дыхания и предотвращения потерь от развития микроорганизмов (гниения и плесневения). При хранении продукции в такой газовой среде ослабляются процессы обмена веществ, замедляются процессы старения и отмирания тканей и значительно продлеваются сроки хранения.

4. Воздухообмен (вентиляция).

Необходим для поддержания в хранилище равномерного температурно-влажностного и газового режима, удаления паро- и газообразных продуктов жизнедеятельности зерна, плодов и овощей в целях предотвращения образования конденсата влаги на их поверхности и загнивания.

5. Освещенность.

На свету ускоряются процессы жизнедеятельности и старения, интенсивнее разрушаются биологически активные вещества (пигменты, витамины), происходит позеленение клубней картофеля и головок моркови. Поэтому овощи и плоды следует хранить в темноте, без прямого доступа солнечного света.

Величину потерь и в целом сохранность сельскохозяйственных продуктов при хранении определяют главным образом биотические факторы, так как именно они обусловливают интенсивность и направленность процессов жизнедеятельности.

К биотическим факторам относят:

1. Биохимические процессы, или процессы обмена веществ, протекающие внутри продуктов. Это процессы, обусловленные действием ферментов самого продукта.

Наибольшее влияние на сохранность продуктов при хранении оказывают *дыхание* и *гидролитические процессы*.

Дыхание – это окислительно-восстановительный процесс, который является важным источником энергии для обмена веществ и поддержания жизнедеятельности.

Дыхание является сложным процессом диссимиляции (распада) органических веществ до конечных продуктов дыхания с выделением энергии в виде тепла.

Аэробное дыхание (рис. 1.1) заключается в окислении моносахаров (глюкозы) кислородом воздуха и сопровождается потерей массы растительного объекта, повышением влажности, выделением большого количества тепла и изменением газового состава окружающего воздуха:



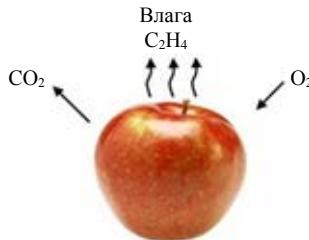


Рис. 1.1. Аэробное дыхание

Это дыхание происходит при плохой вентиляции хранящихся продуктов.

Интенсивность дыхания (ИД) у различных продуктов неодинакова. Низкая у сухого зерна, высокая у плодов и овощей, так как эта продукция содержит большое количество свободной воды.

Возрастает ИД при механических повреждениях и микробиологических заболеваниях.

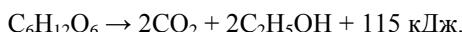
Интенсивность дыхания зависит:

1) от содержания свободной воды в продукте. Так, в сыром зерне с влажностью более 17 % ИД возрастает в 20–30 раз по сравнению с сухим зерном, имеющим влажность ниже 14 %;

2) температуры. Повышение температуры на 10 °C приводит к увеличению ИД в 2–3 раза;

3) газового состава воздуха. Повышенные концентрации CO₂ и пониженные концентрации O₂ сильно тормозят аэробное дыхание растительных продуктов. При снижении концентрации O₂ до 2 % и менее растительные организмы переходят на анаэробное дыхание.

Анаэробное дыхание. Выделяющийся при этом этиловый спирт губительно действует на растительные ткани, приводит к потере всхожести семян. Однако при анаэробном дыхании выделяется значительно меньше тепла.



Гидролитические процессы протекают в пищевых продуктах под действием гидролитических ферментов – гидролаз.

В результате этого процесса происходит распад сложных органических соединений до более простых. В этих процессах обязательно участвует вода. Например, крахмал гидролизуется до глюкозы, белки – до аминокислот, жиры – до глицерина и жирных кислот.

В начале хранения гидролиз приводит к улучшению потребительских качеств плодов и овощей, но затем гидролитические процессы

ускоряют старение и порчу продуктов, значительно ухудшают их сохранность.

Все биохимические процессы могут быть замедлены низкими температурами хранения и другими абиотическими факторами.

2. Микробиологические процессы, т. е. степень воздействия различных микроорганизмов на продукты.

Брожение – это расщепление безазотистых органических веществ (сахаров) под действием ферментов, выделяемых бродильной микрофлорой.

При хранении пищевых продуктов чаще всего могут возникать следующие виды брожения: *спиртовое* (под действием дрожжей), *молочнокислое*, *уксуснокислое*, *маслянокислое*.

Некоторые виды брожения лежат в основе различных пищевых производств и в этом случае играют положительную роль. Например, на спиртовом брожении основаны виноделие, пивоварение, производство спирта; в процессе молочнокислого брожения происходит соление и квашение овощей, мочение плодов, силосование кормов. Однако все эти виды брожения при определенных условиях являются причиной порчи продуктов (например, сбраживания и прокисания соков, компотов, сухих вин). Маслянокислое брожение вызывает прогоркание муки, масла, порчу солено-квашеной продукции и играет только отрицательную роль.

Гниение – это глубокий распад белков и продуктов их гидролиза под воздействием гнилостных бактерий.

Этот процесс в основном возникает в продуктах, богатых белками (мясо, рыба, яйца, молоко). Но подвержены гниению также и растительные продукты. Гниение почти всегда сопровождается образованием токсических и дурно пахнущих веществ и завершается полной порчей продуктов.

Плесневение обусловлено развитием различных видов плесневых грибов, как правило образующих на поверхности продуктов пушистые налеты и пленки разного цвета и строения. Развитию плесневых грибов способствует высокая относительная влажность воздуха. Плесневые грибы расщепляют белки, жиры и углеводы пищевых продуктов, придают им плесневый вкус и запах, выделяют токсины и много тепла.

3. Развитие вредителей и грызунов в продуктах. Насекомые и клещи, а также грызуны значительно снижают сохранность продуктов при хранении и наносят большой ущерб. Они уничтожают пищевые продукты, загрязняют их своими выделениями, являются переносчиками возбудителей инфекционных заболеваний.

Таким образом, сохранность продуктов зависит от интенсивности указанных биологических процессов, которые следует приостановить и замедлить, а по возможности полностью исключить при хранении. Поэтому следует подробнее изучить эти процессы, слагающие биотические факторы.

1.4. Принципы хранения продукции растениеводства и переработки растительного сырья

В основе всех способов хранения или консервирования продукции, применяемых на практике, лежат принципы частичного или полного подавления происходящих в них биологических процессов (биотических факторов, влияющих на сохранность). Профессор Я. Я. Никитинский систематизировал эти принципы, дал им полную характеристику. Согласно классификации Никитинского выделяется четыре научных принципа хранения сельскохозяйственных продуктов: биоз, анабиоз, ценоанабиоз и абиоз.

Биоз (греч. *bios* – жизнь) – сохранение продуктов в живом состоянии, с присущим им обменом веществ, без всякого подавления процессов жизнедеятельности. Принцип биоза подразделяется на два вида: эубиоз и гемибиоз.

Эубиоз – сохранение живых организмов до момента их использования. Так содержат пред назначенных для убоя домашний скот и птицу, а также сохраняют живую рыбу, устриц, раков и др. Чтобы не допустить потерь в массе и ухудшения впоследствии качества продукта, необходимо соблюдение рациональных условий содержания, включая обеспечение скота и птицы кормами. Принцип эубиоза имеет огромное народно-хозяйственное значение. Так, откорм скота можно экономически выгодно проводить на отгонных пастбищах, а затем доставлять животных к местам переработки или потребления мяса (крупным населенным пунктам). Это позволяет также более планомерно загружать перерабатывающие предприятия (мясокомбинаты, консервные заводы и т. п.) и холодильники. Принцип эубиоза дает возможность населению крупных городов получать свежие мясные и другие продукты – парное мясо животных и птицы, живую рыбу и т. д. Расходы на кормление и уход за животными, их транспортировку оправдываются высоким качеством продукции.

Гемибиоз – частичный биоз, или полушибиоз. Это хранение плодов и овощей сразу же после уборки в свежем виде в течение определенного периода в естественных условиях, но не в специальных хранилищах. При этом в плодах и овощах идут процессы обмена веществ, посколь-

ку они живые организмы, но не так интенсивно, как если бы они еще находились на материнских растениях. Иммунные свойства клубней, корнеплодов, луковиц, плодов и ягод на некоторый период обеспечивают их устойчивость к неблагоприятным внешним условиям и микробиологическим заболеваниям. Продолжительность сохранности этих продуктов зависит от их особенностей: химического состава, консистенции мякоти, толщины покровных тканей и защитных образований на них, интенсивности процессов обмена веществ. Овощи и плоды, обладающие высокой лежкостью, могут храниться при комнатной (повышенной) температуре довольно длительный период, а вот скоропортящиеся продукты сохраняют свою свежесть только несколько дней и даже часов. Для более длительного хранения растительных продуктов необходимо создавать специальные условия, используя при этом другие научные принципы. И все же гемибиоз имеет большое экономическое и социальное значение, так как позволяет поставлять свежие плоды и овощи в торговую сеть, реализовывать их по высоким ценам и обеспечивать потребителей диетическими, биологически цennыми продуктами питания.

Анабиоз – сохранение продукции в состоянии, при котором резко замедляется или подавляется жизнедеятельность клеток самого продукта и живых компонентов, входящих в него. При возникновении благоприятных условий биологические процессы в продукции активизируются и она легко может потерять потребительскую ценность. Ввести продукт в состояние анабиоза можно различными способами. Известно несколько видов анабиоза: термоанабиоз, ксероанабиоз, осмоанабиоз, ацидоанабиоз, наркоанабиоз, аноксианабиоз и др.

Термоанабиоз – хранение продукции при пониженных и низких температурах. Степень охлаждения зависит от особенностей продукции и характера использования ее в дальнейшем.

Психроанабиоз – хранение в охлажденном состоянии. Продукция остается охлажденной, если температура ее ниже 10 °С, но не ниже 0 °С, т. е. замерзание ее исключается. Применяют для сохранения зерна, семян, картофеля, овощей, плодов, ягод.

Криоанабиоз – хранение в замороженном состоянии, т. е. при температуре значительно ниже 0 °С. Этот вид анабиоза обеспечивает практически полную сохранность продукции в течение длительного времени и основан на применении искусственного холода. Холодильная технология предусматривает режимы и способы замораживания продуктов, а также правила их оттаивания.

Ксероанабиоз – хранение продукции в сухом состоянии. Процесс частичного обезвоживания продукции называют сушкой. Практически

это один из первых способов консервирования продуктов растительного происхождения. Удалять влагу полностью из продукции нет необходимости, так как микроорганизмам доступна только свободная вода, поэтому продовольственное зерно сушат до влажности 14 %, семена злаковых – до 15,5, бобовых – до 15–16, а семена масличных культур – до 10–12 % и ниже в зависимости от содержания в них жира. Количество воды в семенах ниже критического уровня является недоступным для микроорганизмов, и такие семена сохраняются с минимальными потерями.

Оsmоанабиоз – сохранение продукции при повышенном давлении в ней. Процессы жизнедеятельности в клетках продукта и микроорганизмов происходят при определенном давлении в них. Значительное повышение этого давления вызывает плазмолиз клеток (обезвоживание), подавляет биологические процессы и исключает нежелательное развитие микробов. Достигается это введением в продукты преимущественно сахара и соли. Для подавления дрожжей, находящихся в ягодах, берут не менее 60 % сахара от массы продукта (приготовление варенья). При солении овощей и квашении капусты соли берут значительно меньше (2–3 %). Соль подавляет гнилостные микроорганизмы и не ограничивает развитие молочнокислых бактерий.

Ацидоанабиоз – сохранение продукции при повышенной кислотности путем введения в нее допустимых в пищевом отношении органических кислот. Гнилостные микроорганизмы хорошо развиваются при $pH \approx 7$, переносят щелочную реакцию среды (несколько больше 7), но в кислой среде ($pH < 7$) развитие их резко замедляется, а при $pH < 5$ многие из них не размножаются.

Для приготовления продуктов питания используют уксусную кислоту. Это называется маринованием, а полученные продукты – маринадами. Содержание уксусной кислоты в них составляет 0,6–1,8 %. Маринады готовят из овощей, плодов.

Для консервирования влажного зерна, предназначенного на кормовые цели, применяют низкомолекулярные карбоновые кислоты, прежде всего пропионовую, муравьиную, уксусную, взятые отдельно или в смеси в концентрации около 2 % от массы продукции. В сельском хозяйстве для консервирования зеленой массы трудносилосующихся или несилосующихся растений используют препараты, состоящие из соляной и серной кислот, а также антраниловую и сорбиновую кислоты.

Наркоанабиоз – подавление жизнедеятельности клеток продукта и компонентов, входящих в него, анестезирующими веществами (хлороформ, эфир). Применяется для сохранения растительной биомассы при проведении научных исследований.

Аноксианабиоз – сохранение продукции без доступа кислорода. Это возможно при содержании продукции в герметических условиях, когда кислород расходуется при дыхании компонентов, находящихся в ней, и наступает самоконсервация (автоконсервация). Используется при хранении продовольственного и кормового зерна, овощей, плодов, травяной муки.

Ценоанабиоз – сохранение растениеводческой продукции в условиях, благоприятных для определенной группы микроорганизмов, в результате чего в продукции накапливаются вещества, подавляющие жизнедеятельность клеток продукта и компонентов, входящих в него.

Для создания определенной направленности микробиологических процессов нередко в продукт вводят чистую культуру или накопленную массу («закваску») нужных микробов.

Используют две группы микроорганизмов: молочнокислые бактерии и дрожжи, поэтому различают два вида ценоанабиоза – ацидо- и алкогольценоанабиоз.

Ацидоценоанабиоз предполагает создание благоприятных условий для развития молочнокислых бактерий, в результате чего в продукте накапливается молочная кислота (до 2 %), которая подавляет жизнедеятельность клеток продукта, других микроорганизмов, а в дальнейшем и самих молочнокислых бактерий. На этой основе получают солено-квашеные овощи, мочено-квашеные плоды и ягоды, солят зеленую массу растений.

Алкоголеценоанабиоз – это создание благоприятных условий для развития дрожжей, которые выделяют в продукт значительное количество этилового спирта (до 14 %), подавляющего жизнедеятельность клеток продукта и компонентов, входящих в него. Широко используется в виноделии.

Абиоз – сохранение растениеводческой продукции на основе превращения в ней жизнедеятельности. Такая продукция представляет собой мертвую и стерильную органическую массу. Стерилизация (от лат. *sterilis* – бесплодный) – это обезспложивание, т. е. полное освобождение растениеводческой продукции от микроорганизмов и их спор физическими и химическими методами. Основные виды абиоза: термоабиоз, химабиоз, лучевая и механическая стерилизация.

Термоабиоз (термостерилизация) – обработка продукции повышенной температурой, основанная на том, что при нагревании до 100 °С и выше все живое погибает, а продукция немедленно герметизируется. На этом основано производство овощных и плодовых консервов в

стеклянной или жестяной таре. Нагревание продукции до таких температур приводит к существенным изменениям в ней, а из-за разрушения витаминов, других биологически активных веществ питательная ценность ее снижается. Если предполагается хранение продукта непродолжительное время, то термостерилизацию проводят при более низкой температуре ($65\text{--}85^{\circ}\text{C}$). При такой температуре клетки микроорганизмов гибнут, а в продукте сохраняются все питательные вещества. Этот прием называют пастеризацией.

Химбиоз (химстерилизация) – обработка продукции химическими веществами, убивающими микроорганизмы (антисептиками) и насекомых (инсектицидами). При производстве плодовоовощных консервов широко используют сернистую кислоту. Свежие фрукты обрабатывают сернистым ангидридом. Этот прием называют сульфитацией. Многие плоды и ягоды консервируют сорбиновой кислотой, применяют бензойно-натриевую соль.

Для уничтожения насекомых в зерне, муке и крупе эффективен препарат 242 (хлорпиクリн), для защиты семян и посадочного материала от плесневых грибов и другой микрофлоры используют проправители.

Лучевая стерилизация – уничтожение в продукции микроорганизмов и насекомых ультрафиолетовыми, инфракрасными и γ -лучами. Применяется для обработки крупных партий товарного зерна, скоро портящейся продукции; дает хороший стерилизующий эффект без изменения пищевых и вкусовых достоинств продукции.

Механическая стерилизация основана на удалении из продукции микроорганизмов при помощи фильтрования или центрифугирования. Применяется в консервной промышленности при производстве плодово-ягодных соков.

1.5. Виды потерь растениеводческой продукции и борьба с ними

Различают два основных вида потерь продукции при хранении – потери в массе и потери в качестве (рис. 1.2). В большинстве случаев эти потери взаимосвязаны, т. е. потери в массе сопровождаются потерями в качестве, и наоборот. Потери в массе, как правило, связаны с уменьшением количества хранящейся продукции, их причины хорошо изучены. Потери в массе определяются и нормируются при проведении количественно-качественного учета продукции. Сущность потерь в качестве заключается в уменьшении содержания в продукции каких-либо полезных веществ, частичной или полной утрате ее добротаче-

ственности, снижении потребительной стоимости. Эти потери можно учесть при сортировке и технохимическом контроле качества.

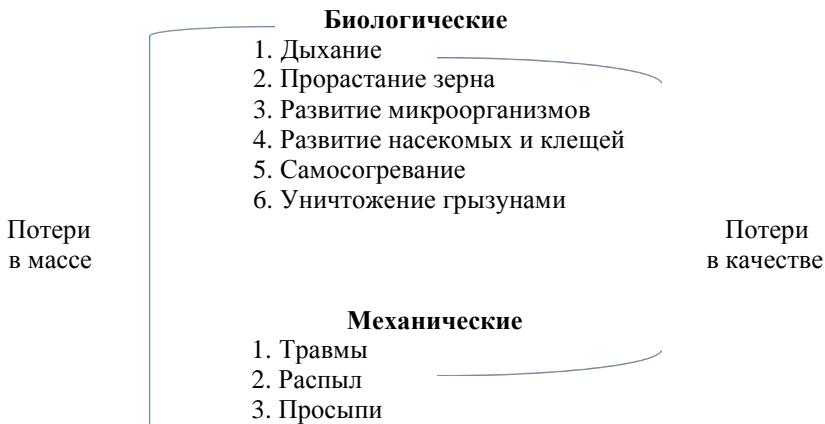


Рис. 1.2. Виды потерь растениеводческой продукции

По природе потери могут быть механическими (физическими) и биологическими. Грубое механическое воздействие на зерно, овощи и плоды приводит к травмам, которые являются наиболее распространенными причинами механических потерь. Также могут происходить просыпи (раструска) зерна и семян, картофеля и овощей при негерметичности транспортных средств и хранилищ, неисправности тары. Биологические потери связаны с живым началом продукции и происходят вследствие протекания в ней различных физиологических и биохимических процессов, свойственных биологическим объектам (например, самосогревание и прорастание зерна, картофеля), а также воздействия на продукты различных живых организмов – насекомых и клещей, грызунов, птиц, микроорганизмов.

Потери продукции при хранении оцениваются неоднозначно. Лишь некоторые виды потерь являются неизбежными (их нельзя полностью устраниить, сохраняя продукт в живом виде), другие же образуются в результате неправильного хранения и не могут быть оправданы. Неизбежной механической потерей является так называемый неучтенный распыл, возникающий при перемещении зерна, картофеля, овощей. При хранении сочной плодово-овощной продукции к неизбежным физическим потерям относится незначительное испарение воды. Трата сухого вещества при дыхании растительных продуктов во время хране-

ния признается единственно оправданной потерей биологической природы. Неизбежные потери в массе продукции при хранении являются естественной убылью. При рациональной организации хранения они весьма незначительны и за год хранения зерна составляют не более 0,2–0,4 % от массы продукции, а за сезон (6–8 мес) хранения лежкой плодовоощной продукции – 3–8 %. Исходя из природы только этих потерь установлены нормы естественной убыли продукции при хранении и перевозках.

Естественная убыль определяется при проведении количественно-качественного учета продукции при хранении и списывается с материально ответственных лиц по фактическому наличию, но в пределах установленных норм. При превышении норм убыли потери считаются сверхнормативными и относятся на издержки предприятия или ставятся в начет материально ответственным лицам. Естественная убыль относится только к доброкачественной продукции, испорченная продукция (абсолютные отходы) учитывается и списывается отдельно.

Только в результате неправильной организации хранения, нарушения режимов и правил, применения недопустимых способов хранения могут происходить значительные потери и в массе, и в качестве продукции вследствие травм и просыпей, уничтожения птицами, грызунами и насекомыми, самосогревания, развития микроорганизмов и т. д. Потери, возникающие по этим причинам, считаются неоправданными и, следовательно, недопустимыми. Чем больше отклоняются условия хранения от оптимальных, тем больше и потери. Все недопустимые потери являются актируемыми, т. е. обязательно составляется акт с указанием причин и величины потерь, виновные в допущении потерь несут ответственность.

При нерациональном использовании продукции могут происходить ее скрытые потери, т. е. использование продукции не по назначению. Например, использование в пивоваренной промышленности партий ячменя из сортов, не относимых к пивоваренным, как правило, приводит к снижению выхода и качества пива; скармливание свиньям на откорме зерна пшеницы вместо ячменя приводит к снижению привесов. Таким образом, причины скрытых потерь являются организационно-экономическими. Эти потери происходят в результате неумелого хозяйствования и связаны с недостаточной квалификацией кадров, с тем, что специалисты не могут правильно распорядиться продукцией, не знают ее полезных свойств и используют не по назначению. Очень важно не допустить скрытых потерь продукции при ее использовании и реализации.

Тема 2. БИОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ХРАНЕНИИ И ПЕРЕРАБОТКЕ ЗЕРНА И СЕМЯН

- 2.1. Характеристика зерна и семян как объектов хранения.
- 2.2. Физиологические процессы, происходящие в зерне при хранении.
- 2.3. Влияние микроорганизмов на сохранность зерна и семян.
- 2.4. Влияние вредителей на сохранность зерна и семян.
- 2.5. Микробиология продуктов переработки зерна: крупа, мука, хлеб.

2.1. Характеристика зерна и семян как объектов хранения

К зерновым культурам относятся: пшеница, кукуруза, рожь, овес, ячмень, рис, просо, сорго и др.

Особое значение среди них имеют пшеница и рожь, зерно которых используется для производства муки, а также хлебобулочных и макаронных изделий.

Кроме того, зерна пшеницы, овса, ячменя и ржи необходимы при производстве комбикормов.

Зерновки пшеницы и других зерновых культур могут быть использованы в биотехнологическом производстве этилового спирта, ферментативных препаратов, круп и других продуктов.

Проростки ячменя используются для получения солода при производстве пива (рис. 2.1).

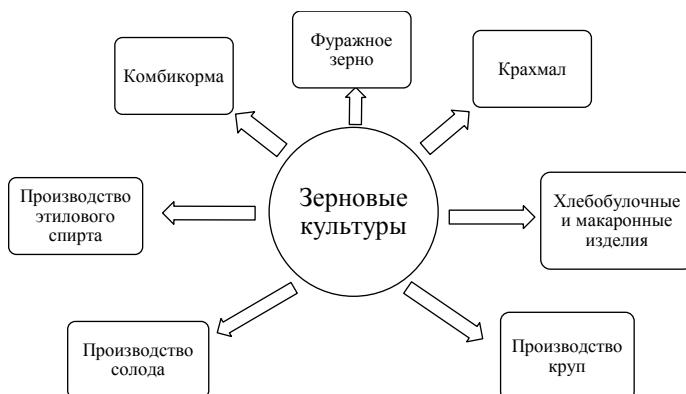


Рис. 2.1. Целевое назначение зерновых культур

Классификация по химическому составу. Полезные свойства зерна и семян различных культур, возможность и целесообразность использования их на те или иные цели, а также их сохранность определяются прежде всего особенностями их химического состава. По химическому составу зерно и семена подразделяют на три группы согласно принятой классификации:

- богатые углеводами (зерно злаковых культур и плоды гречихи; в пересчете на сухое вещество они содержат в среднем 70–80 % углеводов, основную часть которых составляет крахмал, 10–16 % белков и 2–5 % жиров);

- богатые белками (семена бобовых культур; они содержат в среднем 25–30 % белков, 60–65 % углеводов при малом количестве жира (2–4 %), за исключением сои);

- богатые жирами (семена масличных культур; они содержат в среднем 25–50 % жиров и 20–40 % белков при незначительном количестве углеводов).

По целевому назначению принято деление зерна на продовольственное (мукомольное и крупяное), фуражное (кормовое) и техническое. При использовании зерна и семян любой культуры учитывается экономическая целесообразность.

Характеристика углеводов зерна и семян. Углеводы зерна и семян представлены главным образом полисахаридами, среди которых большую часть занимает крахмал – основное питательное запасное вещество зерна хлебных злаков, содержится в виде крахмальных зерен. Из других полисахаридов в семенах любых культур присутствуют клетчатка (целлюлоза), выполняющая защитные функции, гемицеллюлоза и пентозаны (слизистые вещества, или гумми, протопектин). В созревшем и нормально хранящемся зерне количество всех сахаров (моно- и дисахаридов) не превышает 2–7 %. Повышенное их содержание свидетельствует об уборке недозрелого зерна или об активных гидролитических процессах (вплоть до начала прорастания) при хранении.

Характеристика белков зерна и семян. Белки относятся к азотистым веществам. Они делятся на простые (протеины) и сложные (протеиды). Протеины представлены всеми основными группами: альбуминами, глобулинами, проламинами и глютелинами. Все эти белки характеризуются неодинаковой биологической ценностью, так как отличаются разнообразным аминокислотным составом. Этим и объясняется различная технологическая и пищевая ценность зерна и семян отдельных культур. Альбумины – полноценные белки, содержащие все

незаменимые аминокислоты: валин, лизин, лейцин, изолейцин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин. Они присутствуют в зерне хлебных злаков в ограниченных количествах. Глобулины – другая группа полноценных белков, представлена более широко. Их много в семенах масличных и бобовых культур, что и определяет высокую биологическую ценность последних. Проламины и глютелины имеют меньшую биологическую ценность, так как в них очень мало незаменимых аминокислот. Эти белки преобладают в зерне злаков. Высокую технологическую ценность имеют белки пшеницы глиадин и глютенин, образующие при замесе теста упругий и пластичный гель – клейковину, обеспечивающую хорошую формоустойчивость пшеничного хлеба.

Характеристика жиров (липидов) зерна и семян. Растительные жиры (масла) по консистенции жидкие, так как состоят главным образом из непредельных кислот жирного ряда: олеиновой, линолевой и линоленовой, соответственно с одной, двумя или тремя двойными связями. В зависимости от соотношения глицеридов этих кислот резко меняются свойства жира и возможности его использования. В связи с этим растительные масла классифицируют на следующие группы: 1) высыхающие (льняное масло) – быстро высыхают, поэтому используются для получения натуральной олифы и лаков, дающих устойчивые пленки-покрытия; 2) полувысыхающие (подсолнечное, соевое) – значительно слабее высыхают, имеют высокую пищевую ценность, содержатся в зерне злаков (преимущественно в зародыше); 3) невысыхающие (оливковое, рапсовое, арахисовое, касторовое из клещевины) – не способны высыхать, используются в технике, медицине и на пищевые цели.

Классификация показателей качества зерна и семян. Зерно и семена различных культур имеют много полезных свойств, обусловливающих их разностороннее использование, поэтому для всесторонней оценки качества зерна применяют комплекс показателей. Значимость этих показателей качества неодинакова. Многие очень специфичны, они характеризуют технологические особенности отдельных партий зерна той или иной культуры. Однако существуют универсальные показатели, по которым получают представление о пищевой, кормовой и технологической доброточастенности любой партии зерна, об устойчивости его при хранении. В зависимости от значимости показатели качества зерна подразделяют на три группы.

1. Обязательные для всех партий зерна и семян любой культуры, используемых на любые цели. Эти показатели определяют на всех эта-

пах работы с зерном, начиная с формирования партий при уборке урожая. К ним относят: признаки свежести и зрелости зерна (внешний вид, запах и вкус), зараженность вредителями хлебных запасов, влажность и содержание примесей (засоренность). Они включены в государственные стандарты, по ним установлены ограничительные кондиции (нормы качества). С учетом названных показателей партии зерна подготавливают к продаже, хранению и переработке.

2. Обязательные при оценке партий зерна некоторых культур или партий зерна для определенного назначения. Примером этих показателей может служить натура зерна пшеницы, ячменя, ржи и овса. В зерне, используемом для производства крупы, определяют крупность, содержание ядра и цветковых пленок (плеччатость). У ячменя для пивоварения нормируют всхожесть и энергию прорастания. Большую роль имеют специфические показатели качества пшеницы: стекловидность, количество и качество сырой клейковины. Эти показатели также нормируются стандартами.

3. Дополнительные показатели качества. Их проверяют в зависимости от возникшей необходимости. Иногда определяют полный химический состав зерна, выявляют особенности видового и численного состава микрофлоры. Очень важными показателями являются содержание в зерне микотоксинов, остаточного количества фумигантов после газации, тяжелых металлов, радионуклидов, поскольку от этого зависит безопасность продукции для здоровья человека, ее экологическая чистота. Установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) содержания в зерне токсичных веществ.

Качество зерна и семян любой культуры нормируется по всем показателям, установленным стандартами. При несоответствии требованиям стандарта хотя бы по одному из показателей партия зерна признается некондиционной или из лучшего товарного класса переводится в худший. Каждый показатель качества имеет технологическое и экономическое значение.

Качество партии зерна устанавливается по товарному анализу средней пробы, отобранный из нее по определенным правилам.

2.2. Физиологические процессы, происходящие в зерне при хранении

Зерновка представляет собой живой организм, в котором протекают определенные физиологические процессы. Наиболее значительное влияние на долговечность и качество зерна оказывают дыхание, послеуборочное дозревание, прорастание.

Дыхание. Дыхание может происходить аэробно и анаэробно с выделением конечных продуктов дыхания и энергии. Но при хранении зерновых масс продовольственного и кормового назначения наибольшее значение имеет не вид или характер дыхания, а его интенсивность. Если дыхание замедлено (интенсивность его очень низкая), то оно не оказывает отрицательного влияния на сохранность и качество зерна и семян, происходят только незначительные потери массы (в пределах норм естественной убыли), за год не превышающие, как правило, 0,1–0,2 % при правильном хранении сухого зерна. При хранении очень сырого зерна (с влажностью более 20 %), находящегося в неохлажденном состоянии, такие же потери массы сухого вещества могут произойти за одни сутки. При интенсивном дыхании происходят не только потери в массе, но и значительные потери в качестве зерна и семян.

Интенсивное дыхание зерна приводит к ряду нежелательных последствий:

1. Уменьшается сухая масса зерна.
2. Изменяется состав воздуха в межзерновом пространстве (кислорода становится меньше, углекислого газа – больше).
3. Накапливаются водяные пары, что приводит к увлажнению зерна.
4. Выделяется и накапливается тепло, что приводит к самосогреванию зерновой массы.

Самым отрицательным следствием дыхания в этом случае является выделение большого количества тепла, приводящего к *самосогреванию* зерновой массы.

Послеуборочное дозревание – комплекс сложных биохимических процессов в зерне и семенах при хранении, приводящих к улучшению их посевных и технологических качеств. В первый период хранения свежеубранного зерна происходит его дальнейшее дозревание, которое заключается в повышении жизнеспособности семян, их всхожести и энергии прорастания. Отмечается также улучшение технологических качеств в небольших пределах: повышается качество сырой клейковины в зерне пшеницы, увеличивается выход масла при переработке маслосемян.

Послеуборочное дозревание происходит только в том случае, если синтетические процессы в семенах преобладают над гидролитическими. А для этого необходимо, чтобы зерно находилось в сухом состоянии (с влажностью ниже критической). Это главное условие для нормально протекающего процесса дозревания. В свежеубранном зерне с повышенной влажностью преобладание процессов гидролиза приводит не к уменьшению физиологической активности, а к ее дальнейшему

росту. Семена не только не улучшают своих посевных качеств, но могут и снизить их. Послеуборочное дозревание в таких партиях зерна не происходит.

Важнейшим условием, обеспечивающим процесс послеуборочного дозревания, является также температура. Семена дозревают только в условиях положительной температуры и наиболее интенсивно при 15–30 °С. Поэтому в первый период хранения сухие свежеубранные семена не следует значительно охлаждать. Наиболее интенсивно послеуборочное дозревание протекает при активном доступе воздуха к семенам. Недостаток кислорода и накопление в зерновой массе диоксида углерода замедляют дозревание. При благоприятных условиях хранения процесс послеуборочного дозревания семян основных злаковых культур заканчивается в течение полутора-двух месяцев. Таким образом, послеуборочное дозревание имеет не только технологическое, но и экономическое значение.

Прорастание. При хранении зерна и семян следует исключить их прорастание, которое сопровождается полной утратой семенных качеств и резким ухудшением технологических достоинств вследствие активного гидролиза запасных питательных веществ. Прорастание сопровождается усиленным дыханием, выделением тепла, потерей массы сухого вещества (в течение 5 сут после начала прорастания зерно хлебных злаков теряет 4–5 % сухого вещества). Зерно при этом приобретает солодовый запах и сладкий вкус, т. е. утрачивает свою свежесть.

Прорастание становится возможным в результате накопления зерном капельно-жидкой влаги (не менее 50 % от массы зерна), которая поступает в зерновую массу при нарушении правил перевозки и хранения (негерметичное хранилище: попадание в него атмосферных осадков через неисправную крышу, доступ грунтовых и талых вод через пол). Также капельно-жидкая влага образуется как конденсат при перепадах температур в различных участках зерновой массы вследствие явления *термовлагопроводности* – переноса влаги с потоками тепла (из теплых участков в холодные). Все эти процессы нельзя допускать при хранении зерна.

Самосогревание – повышение температуры зерновой массы вследствие протекающих в ней физиологических процессов и низкой теплопроводности. При этом температура зерновой массы может повышаться до 55–65 °С и даже до 70–75 °С, что приводит к значительному ухудшению качества зерна.

Самосогревание – комплексное явление, которое возникает в результате активной жизнедеятельности зерна основной культуры, семян сорных растений, микроорганизмов, насекомых и клещей.

Интенсивность самосогревания зависит от нескольких факторов.

Состояние зерновой массы – зависит от исходной влажности, температуры, физиологической активности и состава микрофлоры. Самосогревание чаще всего наблюдается в партиях зерна, заложенных на хранение во влажном и сыром состоянии и хранящихся при температуре выше 10 °C. После достижения максимальной температуры самосогревания (60–65 °C) начинается медленное естественное охлаждение зерновой массы из-за гибели всех живых компонентов.

Физиологическая активность зерновой массы характерна для партий свежеубранного зерна, не прошедшего послеуборочного дозревания, а также недозрелого, проросшего зерна. Такое зерно менее устойчиво при хранении, и в нем раньше возникает самосогревание.

Ненадлежащее состояние зернохранилищ и их нерациональная конструкция: чем лучше гидроизолировано зернохранилище и менее теплопроводны его стены, пол и крыша, тем меньше опасность возникновения самосогревания.

В зависимости от состояния зерновой массы и условий хранения самосогревание может возникнуть в разных ее частях. В практике хранения зерна различают следующие виды самосогревания: гнездовое, пластовое и сплошное.

2.3. Влияние микроорганизмов на сохранность зерна и семян

Ежегодно в мировом хозяйстве при хранении теряется значительная часть сухих веществ зерна в результате активной жизнедеятельности микрофлоры, главным образом бактерий и плесневых грибов. Потери массы сопровождаются и огромными потерями качества. Несвоевременное доведение зерновых масс до состояния, исключающего развитие микроорганизмов, вызывает потери в первую очередь посевных достоинств.

Факторы, влияющие на развитие микроорганизмов: влажность зерновой массы, температура и степень аэрации. Существенную роль играют целостность и состояние покровных тканей зерна, его жизненные функции, количество и состав примесей.

Важнейшим условием, определяющим возможность развития микроорганизмов в зерновой массе, является *влажность*. Интенсивное развитие микроорганизмов наблюдают только при влажности выше критической. Однако при появлении конденсационной (капельно-жидкой) влаги возможно развитие микроорганизмов при влажности зерновой массы и ниже критической. В целом, чем больше свободной

влаги, тем интенсивнее развиваются микроорганизмы. Наименее требовательны к влаге плесневые грибы. Их активное развитие возможно при влажности зерна 15–16 % и более. Бактерии и дрожжи образуются только при влажности 18 % и более. Решающим фактором в начальный период развития микроорганизмов является неравномерность распределения влаги в зерновой массе. При средней влажности, не выходящей за уровень критической, в ней возможны более увлажненные участки. Это особенно характерно для свежеубранной зерновой массы, где влажность компонентов (отдельных зерен, семян сорных растений и т. д.) может быть различной.

По отношению к *температуре* основную часть микрофлоры зерновой массы составляют мезофильные микроорганизмы: минимум развития при температуре 5–10 °C, оптимум – при 20–30 и максимум – при 40–45 °C. Следовательно, понижение температуры зерновой массы при хранении до 8–10 °C и ниже значительно задерживает их развитие.

Микрофлора зерновой массы почти полностью состоит из аэробных микроорганизмов, поэтому только полная герметизация исключает возможность их развития.

Активному развитию микроорганизмов способствуют травмированные зерна. При нарушении покровных тканей внутренние части зерна становятся доступными для питания многих микроорганизмов, не способных разрушать клетчатку, ускоряется развитие плесневых грибов (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Заплесневевшее зерно

Микроорганизмов в зерновой массе тем больше, чем больше в ней примесей.

При длительном хранении постепенно отмирают неспоровые бактерии, а бактерии, образующие споры, и споры плесневых грибов сохраняются (картофельная или сенная палочка). Со временем в зерновой массе изменяется видовой состав и плесневых грибов. Так называемые полевые плесени исчезают и вместо них развиваются типичные плесени хранения. При активном их развитии изменяются показатели свежести зерна, понижается всхожесть и выделяется огромное количество тепла, что вызывает самосогревание зерна. Кроме того, среди них имеются штаммы, образующие микотоксины. Больше всего токсинов накапливают аспергилловые грибы. Присутствие большого количества плесеней хранения и отсутствие полевых свидетельствуют о том, что в зерновой массе идут или происходили активные микробиологические процессы. Такие зерновые массы при дальнейшем хранении менее устойчивы.

2.4. Влияние вредителей на сохранность зерна и семян

Огромные потери хранящихся зерновых продуктов происходят вследствие размножения в них многих насекомых и частично клещей. Насекомые и клещи находятся в зерновых массах, продуктах переработки зерна (муке, крупе, комбикормах) и хранилищах, где они расселяются в трещинах элементов конструкций (стенах, опорах, полах), в которых возможно скопление остатков продуктов. Насекомые и клещи различных стадий развития могут длительное время находиться без пищи. Поэтому естественного обеззараживания хранилищ, не загруженных продуктами в течение нескольких месяцев, обычно не происходит.

Температура – важнейший фактор, определяющий возможность и интенсивность развития насекомых и клещей. Нижний температурный предел их активного существования – 5–10 °С, верхний – 35–40 °С. Для большинства вредителей температурный оптимум – 25–30 °С. К более теплолюбивым вредителям относятся зерновой точильщик, рисовый долгоносик, амбарная моль. Менее теплолюбивы притворяшка-вор, мучные клещи. Гибель насекомых вызывает температура ниже 0 и выше 48 °С. Однако уничтожение вредителей высокой температурой требует довольно длительного времени и находится на границе безопасного нагревания зерновой массы, обеспечивающего сохранение

ее технологических и посевных качеств. Поэтому для обеззараживания зерно и семена сушат очень осторожно.

Находясь в зерновой массе, насекомые и клещи перемещаются на участки с более благоприятной для них температурой, что нередко приводит к повышенному образованию тепла в той или иной части насыпи.

На развитие вредителей также влияет *влажность* зерновой массы. Количество влаги в теле вредителей зависит от влажности потребляемой пищи. Однако у разных видов вредителей потребность во влаге неодинакова. Она зависит от вида пищи (зерно той или иной культуры, мука, крупа, отруби), температуры и других факторов.

Различают понятия: выживаемость вида при данных условиях влажности и влажность, при которой насекомые или клещи нормально размножаются. Для более или менее длительного существования насекомым требуется меньшая влажность продукта, чем для завершения нормального цикла развития. От влажности среды зависит устойчивость насекомых к неблагоприятным температурам. При температуре 0...–10 °C выживаемость амбарного долгоносика тем дольше, чем выше влажность зерна. Лишь при температуре –15 °C долгоносики погибают независимо от влажности. Большинству клещей для массового развития необходима влажность выше критической.

Насекомым и клещам необходим *кислород*. При недостатке кислорода в отдельных слоях насыпи насекомые и клещи перемещаются на участки, более насыщенные воздухом нормального состава, т. е. к поверхности насыпи и стенам хранилища.

Примесь в зерновой массе травмированных зерен и мелких органических частиц способствует развитию насекомых и клещей. Вредители хлебных запасов предпочитают неосвещенные части насыпей продуктов и затененные участки в хранилищах.

Развитие насекомых в зерне всегда опасно и приводит к потерям массы и качества. Наличие клещей в партиях зерна и семян также снижает их ценность, однако не связано с потерями массы и качества и во многих случаях не ухудшает посевные качества и продовольственные свойства зерна. При обнаружении единичных экземпляров клещей партии семян с влажностью до критической правильнее не подвергать специальной обработке. Эти партии можно успешно сохранить до сева, а склад подготовить к приему зерна нового урожая.

2.5. Микробиология продуктов переработки зерна: крупа, мука, хлеб

Среди факторов, влияющих на качество зерновых продуктов при их производстве и стойкость при длительном хранении, существенная роль принадлежит микроорганизмам.

Микрофлора крупы в первую очередь определяется составом микрофлоры перерабатываемого зерна. В одном грамме добротачественного зерна (пшеницы, ячменя, проса, риса, овса, гречихи) насчитывается от тысяч до миллионов бактерий, но по качественному составу микрофлора их близка между собой.

Микрофлора крупы представлена:

- 1) бактериями (до 90 % и более);
- 2) плесневыми грибами (не более 5–7 %);
- 3) дрожжами (менее 4 %).

Среди бактерий преобладает травяная палочка *Erwinia herbicola* (до 80–90 %). Она является типичным представителем эпифитной микрофлоры зерна злаков.

Также в небольших количествах встречаются:

- 1) микрококки;
- 2) молочнокислые бактерии;
- 3) спорообразующие аэробные бактерии: картофельная и сенная палочки (обе эти бактерии отнесены к виду *Bacillus subtilis*).

По мере хранения зерна в условиях, не допускающих развития микроорганизмов, число их на зерне снижается за счет отмирания *Erwinia herbicola*, но она остается преобладающей формой.

Принято считать, что большое количество этих бактерий на зерне служит показателем его хорошего качества.

В грибной флоре свежеубранного зерна в небольших количествах обнаруживают пенициллы и аспергиллы. При хранении крупы значительно изменяется состав и грибной флоры. Доминирующими становятся пеницилловые, мукоровые и аспергилловые грибы (получившие название «плесени хранения»), а типичные представители свежеубранного зерна – «полевые» плесени – сохраняются в единичных количествах.

Микрофлора одного и того же вида крупы может быть различной и в зависимости от особенностей технологии ее производства. Например, крупа, полученная из зерна, подвергшегося гидротермической обработке (пропариванию), обсеменена микробами в меньшей степени, чем крупа, полученная из непропаренного зерна (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Количество микроорганизмов в 1 г крупы

Вид крупы	Количество микроорганизмов в 1 г продукта, тыс. клеток	
	Бактерии	Плесневые грибы (споры)
Ядрица непропаренная	124,3	0,37
Ядрица пропаренная	2,8	0,22
Перловая	71,8	0,27
Ячневая	992,0	0,09
Рис	30,2	2,00
Пшено непропаренное	103,3	0,22
Пшено пропаренное	7,2	0,16
Кукурузная шлифованная	92,8	5,20
Овсяная	22,3	0,10
Овсяные лепестковые хлопья	5,3	0,14

В крупе из зерна, прошедшего гидротермическую обработку, преобладают спороносные бактерии (35–50 %) и микрококки (10–20 %).

Из бацилл чаще обнаруживают *Bacillus subtilis*, *B. pumilus*.

Грибная flora крупы представлена в основном видами *Penicillium* (*P. cyclopium*, *P. viridicatum* и др.) и *Aspergillus* (*A. candidus*, *A. flavus*, *A. repens*). В небольшом количестве встречаются мукоровые грибы.

Многие бактерии и плесени, находящиеся в крупах, способны разлагать белки, липиды, крахмал, пектиновые вещества и сбраживать сахара с образованием кислот.

Некоторые обнаруживаемые в крупах плесени вырабатывают токсичные вещества.

Поэтому крупы в период длительного хранения могут подвергаться различным видам порчи под воздействием микроорганизмов и находящихся в крупе ферментов.

Интенсивность развития микробов в крупах определяется в первую очередь влажностью крупы, которая меняется при хранении продукции в зависимости от величины относительной влажности воздуха.

Имеет значение и температура хранения: чем выше влажность крупы, тем более широк интервал температур возможного развития микроорганизмов.

При хранении товарных образцов различных видов крупы (пшено, кукурузная, ячневая, перловая, овсяная, рис, овсяные хлопья, ядрица, ядрица быстроразваривающаяся) в различных температурно-влажностных условиях установлено, что по мере удлинения срока хранения во всех крупах снижается число бактерий, главным образом ввиду вымирания эпифита зерна – *Erwinia herbicola*.

Через полгода хранения при 70–75%-ной относительной влажности воздуха и температуре 15–16 °C сохраняется 25–40 % бактерий от их первоначального количества. Через год – 10–15 %; преимущественно это споровые формы.

Число плесеней (спор) на крупах, сохраняемых в этих условиях, практически не изменяется. Плесени активно начинают развиваться при повышении влажности воздуха:

- 1) до 80 % (к четвертому – шестому месяцу хранения);
- 2) до 85 % (ко второму – третьему месяцу хранения).

Плесневение круп вызывают сухоустойчивые виды *Aspergillus*: *A. repens*, *A. candidus*, *A. chevalieri*.

На крупах, выработанных из пропаренного зерна, плесени развиваются интенсивнее, чем на крупах из непропаренного зерна, а при низких положительных температурах (4–5 °C) плесневение крупы обнаруживается на несколько месяцев раньше.

Микрофлора свежемолотой муки в основном представлена микроорганизмами перерабатываемого зерна:

1. Основная масса – бактерии, среди которых преобладает (до 90 %) *Erwinia herbicola*.

2. На втором месте – спорообразующие бактерии (преобладают картофельная и сенная палочки).

3. В небольших количествах имеются различные микроКокки, молочнокислые и уксуснокислые бактерии, а также дрожжи и споры плесеней (преобладают виды родов *Penicillium* и *Aspergillus*, встречаются мукоровые грибы).

Микрофлора муки количественно беднее микрофлоры перерабатываемого зерна. Причиной этому является то, что при его очистке и в процессе помола значительное количество микроорганизмов удаляется вместе с загрязнениями и оболочками зерна.

Количество микроорганизмов в муке колеблется в широких пределах (табл. 2.2, 2.3) и зависит:

- 1) от степени обсеменения перерабатываемого зерна;
- 2) характера подготовки зерна к помолу (способа очистки, применения и режима кондиционирования – увлажнения с последующим отволаживанием);

3) способа помола, выхода муки и ее сорта.

Сухая очистка зерна снижает обсемененность бактериями на 25–40 %, а спорами плесеней на 20–30 %, а сухая очистка с последующей мойкой – на 45–60 и 30–40 % соответственно.

Таблица 2.2. Содержание бактерий в муке

Название продукта	Количество бактерий в 1 г			
	Общее количество	% общего количества		
		<i>Herbicola</i>	<i>Bacillus</i>	<i>Micrococcus</i>
Мука: высшего сорта	12 000–40 000	80–85	5–7	6–8
1-го сорта	27 000–80 000	74–80	8–11	9–12
2-го сорта	57 000–420 000	65–75	12–15	12–20

Таблица 2.3. Содержание плесневых грибов в муке

Название продукта	Количество плесени в 1 г			
	Общее количество	% общего количества		
		<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	
Мука: высшего сорта	175–400	50	45	
1-го сорта	300–900	60	30	
2-го сорта	1 010–2 300	70	30	

Сортность муки очень сильно влияет на ее обсемененность микроорганизмами. Чем ниже сорт муки, чем больше в нее попадает периферийных частиц зерна, тем больше содержится в ней микроорганизмов.

Мука – продукт менее стойкий по отношению к микробной порче, чем зерно и крупа, так как питательные вещества в ней более доступны микроорганизмам.

Правильный режим хранения муки (при относительной влажности воздуха не более 70 %) предотвращает развитие в ней микробов из-за малого содержания влаги в муке (наблюдается даже постепенное отмирание вегетативных клеток бактерий).

С повышением относительной влажности воздуха микроорганизмы, находившиеся в муке в неактивном состоянии, начинают

развиваться, и в первую очередь развиваются плесени, так как они способны расти при меньшем содержании влаги, чем бактерии.

Многие из обнаруженных в муке плесеней, способны осахаривать крахмал. Хлебопекарные свойства муки при развитии плесеней снижаются. Она приобретает неприятный затхлый запах, который обычно передается хлебу.

Различают следующие виды порчи муки:

1. *Плесневение муки* (рис. 2.3) – это наиболее распространенный вид ее порчи. Плесневелая мука небезопасна: в ней обнаруживают плесневые грибы родов *Aspergillus* и *Penicillium*, способные продуцировать микотоксины, многих из которых термостойкие и могут сохраняться в хлебе.



Рис. 2.3. Заплесневелая мука

2. *Прокисание муки* – происходит при ее увлажнении в результате развития кислотообразующих бактерий (молочнокислых и др.).

3. *Прогоркание муки* – обусловлено окислением липидов муки кислородом воздуха, но этот дефект может быть и микробной природы.

При производстве хлеба качество муки и состав ее микрофлоры имеют большое значение для нормального процесса тестоведения и отражаются на качестве теста и готового хлеба.

В производстве пшеничного хлеба при изготовлении теста применяют: пекарские прессованные или сухие дрожжи, жидкие дрожжи и жидкие пшеничные закваски.

Хлебопекарные дрожжи должны быть устойчивыми к повышенной концентрации соли, размножаться при повышенной температуре и обладать высокой бродильной мальтазной активностью, так как в тесте накапливается преимущественно сахар мальтоза.

Образующийся в процессе брожения углекислый газ разрыхляет тесто, и оно увеличивается в объеме. Другие продукты жизнедеятельности дрожжей придают хлебу своеобразные вкус и аромат.

При изготовлении жидких дрожжей применяют чистые культуры различных производственных рас вида *Saccharomyces cerevisiae*.

Жидкие пшеничные закваски – это смешанная культура на осахаренной мучной среде активных дрожжей *S. cerevisiae* и мезофильных молочнокислых бактерий.

Молочнокислые бактерии помимо кислот образуют углекислый газ, который разрыхляет тесто. Выделяемые ими летучие кислоты способствуют улучшению аромата и вкуса хлеба.

Хлеб, полученный на жидких дрожжах и жидких заквасках, не только обладает более приятным вкусом, но и реже болеет тягучей болезнью и медленнее черствеет по сравнению с хлебом, изготовленным с использованием только прессованных (сухих) дрожжей.

В производстве ржаного хлеба тесто готовят на заквасках, которые, как и пшеничные закваски, являются смешанными культурами дрожжей и молочнокислых бактерий, что обеспечивает разрыхление теста и накопление кислот.

Соотношение молочнокислых бактерий к дрожжам:

- в ржаном тесте – 80:1;
- в пшеничном тесте – 30:1.

Таким образом, в созревании ржаного теста ведущая роль принадлежит молочнокислым бактериям.

Ржаные закваски бывают густыми и жидкими.

Жидкие закваски готовят на осахаренной жидкой среде из ржаной муки с применением чистых культур различных рас дрожжей видов *S. minor*, *S. cerevisiae*.

Из гомоферментативных молочнокислых бактерий применяют *Lactobacillus plantarum* (иногда вводят *L. casei*), из гетероферментативных – *L. brevis* и *L. fermentum*.

Высокая кислотность ржаного теста (рН 4,2–4,3) благоприятно воздействует на белки ржаной муки, улучшает ее хлебопекарные свойства и препятствует развитию в тесте и хлебе микроорганизмов – возбудителей порчи.

В тесте помимо используемых производственных микроорганизмов всегда находятся посторонние, попадающие с сыпрем и из внешней среды. Их активное развитие нарушает нормальное течение процессов брожения и созревания теста.

Различают следующие виды порчи хлеба:

1. *Тягучая (картофельная) болезнь хлеба* (рис. 2.4). Возбудителями являются спорообразующие бактерии *Bacillus subtilis* (сенная палочка).

Споры этих бактерий термоустойчивы, в муке они всегда присутствуют и в отдельных видах (в муке 2-го сорта и обойной) – в немалых количествах.



Рис. 2.4. Тягучая болезнь хлеба

Эти бактерии вызывают гидролиз крахмала с образованием большого количества декстринов, но они чувствительны к повышенной кислотности среды, поэтому тягучей болезни подвержен преимущественно пшеничный хлеб, имеющий по сравнению с ржаным невысокую кислотность.

В начале развития заболевания хлеб приобретает посторонний фруктовый запах, затем мякиш ослизняется, темнеет, становится липким, тянется нитями. Пораженный хлеб не пригоден в пищу.

Для предотвращения тягучей болезни хлеб после выпечки быстро охлаждают до температуры 10–12 °C и хранят при этой температуре в хорошо вентилируемом помещении.

2. *Меловая болезнь хлеба* (рис. 2.5). Возбудителями являются дрожжеподобные грибы.

Они попадают в тесто с мукой и сохраняются при выпечке хлеба. Инфицирование готового хлеба может происходить также извне.

Болезнь сначала проявляется на поверхности хлеба, затем по трещинам распространяется внутрь мякиша в виде белых сухих порошкообразных включений, сходных с мелом. Хлеб теряет товарный вид, приобретает неприятный вкус.



Рис. 2.5. Меловая болезнь хлеба

3. *Плесневение хлеба* (рис. 2.6). Наиболее распространенный вид порчи хлеба – чаще возникает при неправильном режиме хранения. Его вызывают грибы родов: *Penicillium*, *Aspergillus* и *Mucor*.

Многие из них вызывают гидролиз белков крахмала; хлеб приобретает неприятные затхлый запах и вкус. Плесневелый хлеб в пищу не пригоден, так как может содержать микотоксины.



Рис. 2.6. Плесневение хлеба

Плесневение возникает при слишком плотной укладке, повышенной влажности и температуре. Споры плесеней, попавшие на выпеченный хлеб извне (из воздуха, при контакте с инфицированными предметами), быстро развиваются, особенно если корка хлеба с трещинами.

Существуют следующие методы борьбы с плесневением хлеба:

1. Обработка поверхности хлеба или упаковочного материала хи-

мическими консервантами (этиловым спиртом, солями пропионовой и сорбиновой кислот).

2. Стерилизация упакованного хлеба токами высокой частоты, ионизирующими излучениями.

3. Замораживание хлеба.

Тема 3. БИОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ХРАНЕНИИ И ПЕРЕРАБОТКЕ КАРТОФЕЛЯ И КОРНЕПЛОДОВ

3.1. Характеристика картофеля и корнеплодов как объектов хранения.

3.2. Лежкость картофеля и корнеплодов.

3.3. Физиологические процессы, происходящие в картофеле и корнеплодах при хранении.

3.4. Влияние микроорганизмов на сохранность картофеля и корнеплодов.

3.5. Процессы, происходящие в корнеплодах сахарной свеклы при хранении.

3.1. Характеристика картофеля и корнеплодов как объектов хранения

Особенности химического состава картофеля и корнеплодов.

Картофель и корнеплоды заметно отличаются по химическому составу от зерна и семян – продукции с высокой концентрацией сухих веществ, низкой влажностью и большой энергетической ценностью. Это продукция сочная, с большим содержанием воды (85–95 %). В связи с этим энергетическая ценность этой группы продукции невелика: калорийность колеблется от 85 кДж в 100 г (у редиса) до 350 кДж (у картофеля). Однако, несмотря на это, картофель и корнеплоды играют огромную роль в питании человека, так как содержат очень ценные биологически активные вещества и обладают диетическими и лечебными свойствами.

Основную массу сухих веществ в них составляют углеводы.

Белок клубней богат различными аминокислотами и относится к полноценным белкам.

В картофеле содержится много калия (450–500 мг на 100 г сырой массы), фосфора (50–55 мг), значительное количество магния, кальция и железа.

В клубнях найдены витамины С, В₄, В₃, В₅, В₆, В₁, К, Е и органические кислоты: яблочная, щавелевая, лимонная, кофейная, хлорогеновая и др. (рис. 3.1).

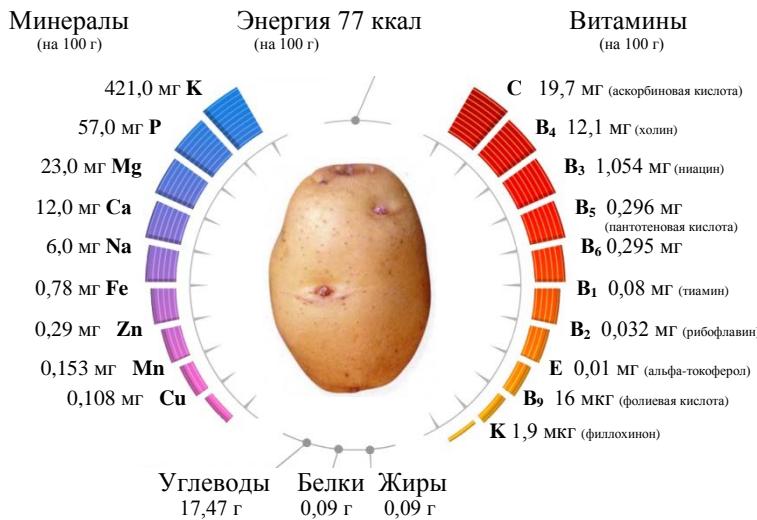


Рис. 3.1. Химический состав картофеля

Корнеплоды содержат 75–88 % воды и от 9 до 24 % углеводов. Содержание в корнеплодах углеводов определяет их пищевую ценность. Количество углеводов в корнеплодах зависит от вида, сорта, условий и места произрастания растений. Больше всего углеводов (12–24 %) накапливается в корнеплодах сахарной свеклы, а самое низкое содержание их (5–8 %) в корнеплодах моркови (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Основные биогенные соединения (% сырой массы) корнеплодов

Корнеплоды	Моносахариды	Олигосахариды	Клетчатка	Пектиновые вещества	Зола
Свекла столовая	1,5	10	0,8	1,2	1,0
Морковь	2,0	7	1,5	0,6	1,0
Свекла сахарная	1,2	18	1,2	2,0	0,6

В корнеплодах отмечается низкое содержание липидов. Так, в свекле липидов около 0,1 % сырой массы, а в моркови – 0,2–0,3 %. Причем больше всего липидов накапливается в периферической части корнеплодов, среди которых превалируют насыщенные жирные кислоты.

Корнеплоды моркови содержат воды 88,0 %, белков 1,3, моно- и олигосахаридов 8,0, целлюлозы 1,1 %. В 100 г корнеплодов моркови

содержится калия 240 мг, натрия 70,1, кальция 46,5, магния 19,0, фосфора 34,1, железа 1,0 мг. Больше всего в корнеплодах моркови накапливается каротина, который обусловливает их окраску в оранжево-красный цвет (рис. 3.2).

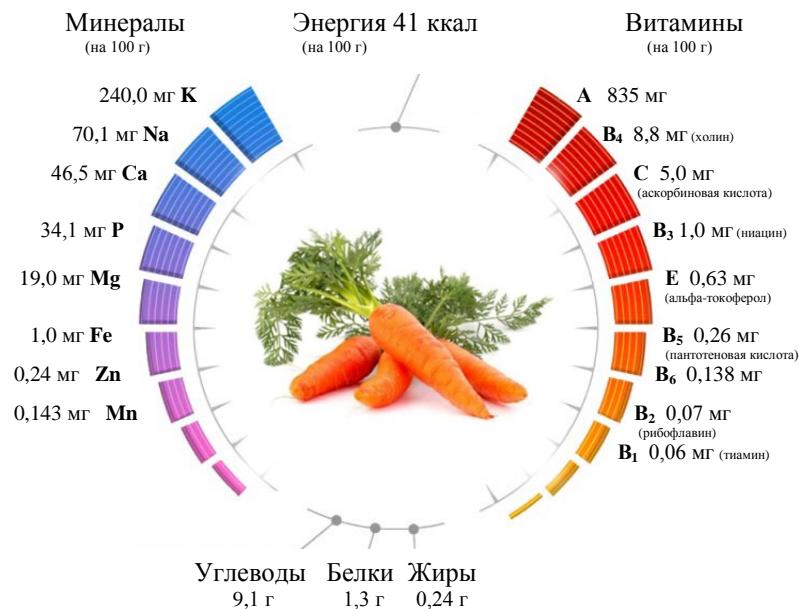


Рис. 3.2. Химический состав моркови

Особенно богаты питательными веществами корнеплоды сельдерея, содержащие воды до 86,1 %, сахараозы 4,5, целлюлозы 1,8, моно- и олигосахаридов 3,2, зольных элементов 1,1 %, а также калия 321 мг%, кальция 66, фосфора 115, железа 0,5 мг%. В листьях сельдерея от 9,7 до 17,3 % сухого вещества, 0,6–1,4 % сахараозы, 2,0–2,8 % белков, 1,4 % зольных элементов. Содержание витамина С в корнеплодах сельдерея составляет 30,0 мг%, а каротина – 7,0 мг%.

Кроме того, корнеплоды богаты витаминами. Особенно много каротиноидов содержится в моркови, где их количество доходит до 10–12 мг%. Корнеплоды богаты аскорбиновой кислотой, количество которой составляет в моркови около 10 мг%, в кормовой свекле – 3–6, в столовой свекле – 5–10 мг% (рис. 3.3). В редисе содержание витамина С может составлять 20–30 мг% (рис. 3.4).

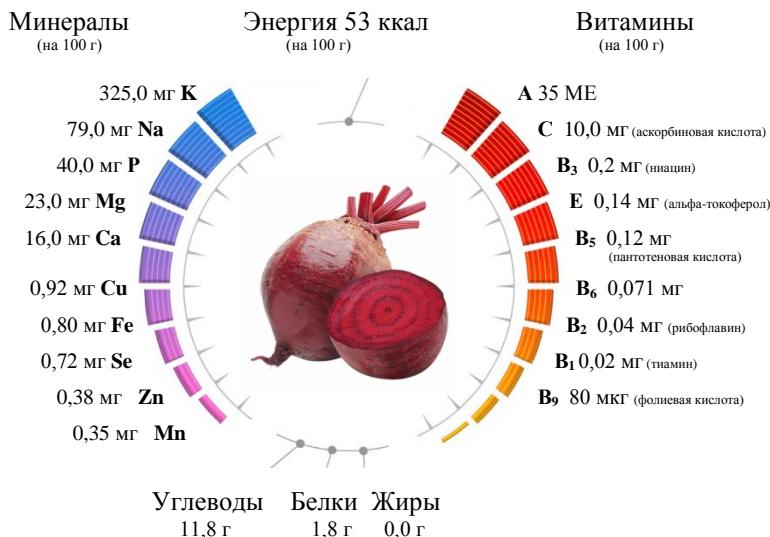


Рис. 3.3. Химический состав столовой свеклы

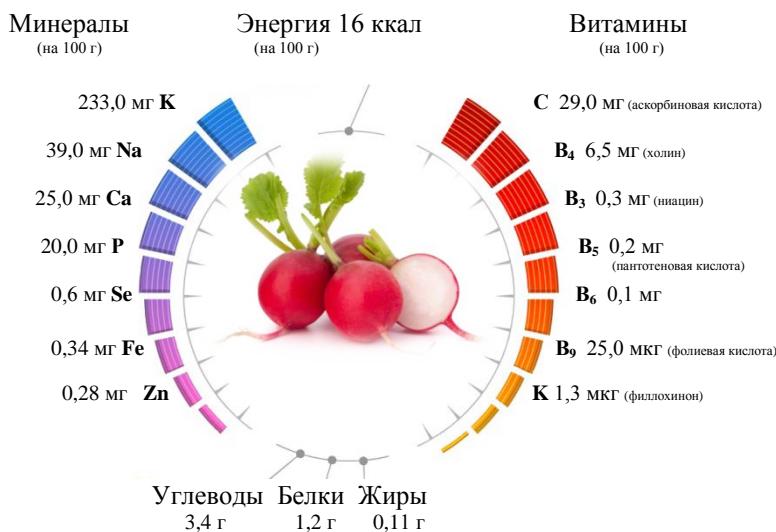


Рис. 3.4. Химический состав редиса

Очень мало содержится в корнеплодах и азотистых веществ (0,05–0,25 %). Основными азотистыми веществами корнеплодов являются белки и аминокислоты. При этом на долю белков приходится 40–60 % общего количества азота, а на долю аминокислот – 20–30 %.

В корнеплодах также очень мало зольных элементов. Так, в моркови и столовой свекле их 0,9–1,3 %, а в сахарной свекле – 0,5–1,8 %. Причем в зависимости от условий выращивания состав зольных элементов может сильно изменяться. В золе корнеплодов больше всего содержится натрия. У редиса в корнеплодах особенно много накапливается минеральных солей, в частности калия, кальция, магния, фосфора, железа и др. Редис содержит в корнеплодах и эфирные масла.

3.2. Лежкость картофеля и корнеплодов

Картофель и корнеплоды объединяются в группу сочных продуктов, так как содержат много воды. Содержание большого количества воды является главной причиной, затрудняющей организацию хранения сочных продуктов. Подавляющая часть воды (около 80 %) находится в свободной подвижной форме, что способствует усиленному обмену веществ в клетках и тканях, активному развитию микроорганизмов, приводящему к быстрому старению продуктов и их порче. Чтобы понизить интенсивность биологических процессов, картофель и корнеплоды хранят при температуре, близкой к 0 °С, т. е. в условиях психроанабиоза. Высокое содержание воды вызывает необходимость хранения данной продукции при повышенной относительной влажности воздуха (85–98 %), чтобы предупредить испарение влаги и потерю тургора, способствующих увяданию и убыли массы. При увядании в клубнях и корнеплодах снижается естественный иммунитет, и они подвергаются порче вследствие развития микроорганизмов.

Клубни и корнеплоды – живые объекты, поэтому результаты их хранения обусловлены в первую очередь их биологическими особенностями. Способность их сохраняться длительное время без значительных потерь массы, порчи от микробиологических и физиологических заболеваний, ухудшения товарных, пищевых и семенных качеств определяется понятием «лежкость». Количество лежкости может быть выражена максимальным сроком хранения при оптимальных условиях. Сохраняемость – проявление лежкости в конкретных условиях хранения.

Повышенная лежкость картофеля и корнеплодов определяется главным образом продолжительностью периода глубокого физиологи-

ческого покоя, в течение которого происходит подготовка растений к репродуктивному этапу развития, т. е. завершается дифференциация генеративных почек и конусов нарастания. В период покоя все ростовые процессы замедлены.

3.3. Физиологические процессы, происходящие в картофеле и корнеплодах при хранении

В плодовоощной продукции при хранении проходят сложные физиологические и биохимические процессы, которые оказывают существенное влияние на ее сохранность и качество.

Дыхание – это окислительный, с участием кислорода, распад органических питательных веществ, сопровождающийся образованием химически активных метаболитов и освобождением энергии.

Наиболее типичные исходные вещества, используемые при дыхании, – гексозы (глюкоза и фруктоза).

Прямому окислительному распаду могут подвергаться белки, жиры и другие соединения без предварительного превращения в углеводы.

Процесс аэробного дыхания происходит при свободном доступе кислорода и, если окисление идет до конечных продуктов, выражается следующим уравнением:



Это уравнение характеризует лишь начальный и конечный этапы процесса. В действительности дыхание представляет собой длинную цепь окислительно-восстановительных процессов. Дыхание – это процесс не только распада, но и новообразования веществ.

При отсутствии кислорода в воздухе продукция поддерживает жизнедеятельность за счет анаэробного дыхания. Его называют также брожением. При анаэробном дыхании (брожении) идет накопление недоокисленных продуктов, таких как этиловый спирт, уксусный альдегид, уксусная и молочная кислоты. Это в конечном счете приводит к физиологическим расстройствам в виде различного рода потемнений, пятен, некрозов.

Анаэробное дыхание можно выразить рядом уравнений. Например:



О типе дыхания можно судить по величине дыхательного коэффициента (ДК). Он показывает отношение при дыхании объемов CO_2 к O_2 . Если $\text{ДК} = 1$, то в продукции протекает аэробное дыхание. При анаэробном дыхании $\text{ДК} > 1$.

Следствием дыхания является потеря массы сухих веществ продукции, повышение относительной влажности воздуха в массе продукции, изменение газового состава воздуха, выделение тепла. Уменьшение массы продукции в процессе хранения вследствие дыхания включается в естественную убыль продукции, которая нормируется для каждого ее вида в зависимости от срока и способов хранения.

Например, при хранении моркови до 6 мес теряется на дыхание 2,1 % органических веществ, при хранении картофеля до 8 мес – только 0,74 %. За 1 ч 1 кг моркови выделяет 17,3, а картофеля – 10,1 мг CO_2 . Если поступление O_2 к продукции ограничено, то кислород постепенно расходуется на дыхание, а накапливается CO_2 .

При дыхании выделяется большое количество тепла. Причем количество выделившейся энергии зависит от вида продукции и сезона хранения. Наибольшее количество тепла образуется при дыхании моркови, а у картофеля этот показатель намного ниже. У этих видов продукции больше тепла выделяется осенью, зимой в период покоя – меньше, чем осенью, весной идет возрастание.

Картофель и корнеплоды при дыхании и испарении выделяют также значительное количество влаги (170–800 г/(т · сут)).

Испарение и интенсивность дыхания зависят от рода, вида, разновидности, сорта, степени зрелости продукции, наличия механических повреждений, условий окружающей среды (температуры, относительной влажности и газового состава воздуха).

Выделяемые при дыхании тепло, влага и диоксид углерода следует рассматривать как суммарный результат жизнедеятельности клубней и корнеплодов находящихся на них микроорганизмов.

С повышением температуры отмечается увеличение интенсивности дыхания. Однако при этом не наблюдается прямо пропорциональной зависимости.

Колебания температуры в процессе хранения также влияют на интенсивность дыхания, чаще всего усиливая его (табл. 3.2). Влажность воздуха косвенно влияет на интенсивность биохимических процессов, в том числе и на газообмен при дыхании. Пониженная влажность воздуха в хранилищах приводит к увяданию заложенной продукции, потере клетками ткани тургора и увеличению интенсивности дыхания.

Таблица 3.2. Зависимость интенсивности дыхания от температуры хранения

Вид продукции	Температура хранения, °C	Интенсивность дыхания, мг CO ₂ на 1 кг в час
Морковь	1	5,43
	5	7,20
Свекла	1	5,58
	5	11,48
Картофель	0	5,70
	5	4,20
	10	5,20
	15	9,50
	20	18,20

Существенно отражается на интенсивности дыхания состав воздуха. Снижение содержания кислорода и увеличение количества диоксида углерода подавляет дыхание в клетках тканей, замедляет процесс старения и увеличивает срок хранения продукции.

С дыханием тесно связаны лежкость и устойчивость к болезням хранящихся корнеплодов и картофеля. Наблюдается взаимосвязь дыхания и раневых реакций у картофеля и корнеплодов. Период покоя и начало прорастания клубней и корнеплодов также связаны с процессом дыхания.

Период покоя и способы предупреждения прорастания клубней и корнеплодов. Покой – определенный период в жизненном цикле растений, во время которого сильно понижена интенсивность многих физиологических процессов и отсутствует видимый рост. В период покоя под действием природных ингибиторов роста (веществ фенольной природы (кофейная кислота и скополетин) и терпеноидной (абсцизовая кислота)) блокируются некоторые биохимические процессы. У картофеля в состоянии покоя находятся только меристематические ткани (глазки). Запасающие же ткани в период покоя обладают более высокой потенциальной способностью активизировать биохимические процессы в ответ на механические повреждения или инфекцию. Вследствие этого свежеубранные клубни активнее образуют раневую перидерму и обладают более высокой устойчивостью к фитопатогенным микроорганизмам по сравнению с клубнями после хранения, когда период покоя закончен. Началом периода покоя считают время, когда клубни прекращают рост в длину.

Во время хранения баланс ростовых веществ изменяется. Выход из состояния покоя можно объяснить снижением ингибиторов роста или

увеличением стимуляторов роста либо обеими причинами.

Состояние покоя клубней и переход к росту коррелируют с содержанием абсцизовой кислоты. Наиболее высокое содержание ее в клубнях наблюдается в период покоя. Ко времени окончания покоя наличие кислоты в точках роста и кожуре уменьшается в 5–10 раз. Абсцизовая кислота высокой концентрации способна подавлять рост клеток новых тканей. При снижении ее количества весной ростингибирующее действие ослабевает.

Температура хранения – важнейший фактор, от которого зависит продолжительность периода покоя. Если при хранении картофеля поддерживают температуру 6 °C, то период покоя клубней позднеспелых сортов заканчивается в январе, среднеспелых – в декабре. При температуре 4 °C период покоя картофеля обоих сортов длится до февраля, при 2 °C – до марта.

Потери в результате прорастания можно предупредить предуборочным опрыскиванием ботвы картофеля, свеклы, моркови, лука натриевой солью гидразида малеиновой кислоты (ГМК-Na), которая подавляет развитие ростков в верхушечной части клубня, предупреждает израстание корнеплодов и луковиц.

Одним из перспективных способов сокращения потерь картофеля является применение синтетических регуляторов роста. Благодаря этому клубни, корнеплоды имеют более длительный период покоя и сохраняют устойчивость к фитопатогенным заболеваниям.

Нарушение естественных физиологических функций, в первую очередь дыхания, приводит к физиологическим расстройствам:

1. Потемнение сердцевины клубней картофеля – наблюдается при длительном хранении картофеля (усиливают механические воздействия, избыточное азотное питание).

2. Повреждение, вызываемое охлаждением.

Основным режимом хранения является термоанабиоз – хранение при пониженных температурах. При слишком долгом хранении на холодае значительно нарушаются физиологические процессы или затухают, в результате чего нарушается естественный иммунитет и процессы гниения идут гораздо интенсивнее.

Раневые реакции. На свежеубранных клубнях картофеля, корнеплодах моркови и свеклы механические неглубокие повреждения довольно быстро зарубцовываются, и на месте повреждения образуется раневая перидерма.

В зоне поражения образуется суберин (жироподобное вещество), который пропитывает оболочки верхних рядов клеток, расположенных

под повреждением. Главная роль суберина – защищать пораженные участки от излишней потери воды, а также от проникновения микробов внутрь продуктов.

Под слоем клеток, пропитанных суберином, формируется многослойная (5–6 слоев) раневая перидерма. Она является механическим защитным барьером. Кроме того, в зоне поражения образуются кофейная, хлорогеновая кислоты – вещества полифенольной природы фунгитоксического действия.

После соприкосновения с паразитом или с выделенными им ферментами и другими соединениями в клубнях, корнеплодах образуются фитоалексины (ришигин и любимин). Они также обладают высокой фунгитоксичностью. При заживлении повреждений появляется не только механический, но и химический барьер. В зоне поражения образуются антибиотические вещества, способные подавить развитие микроорганизмов.

На клубнях картофеля лучше всего раневая перидерма образуется при температуре в его массе 18–20 °С, относительной влажности воздуха около 95 % и свободном доступе кислорода. Она формируется плохо, если температура ниже 10 °С, относительная влажность воздуха менее 80 %, а содержание кислорода в воздухе ниже 10 %. Многослойная раневая перидерма формируется через пять – семь дней.

Раневые реакции у корнеплодов моркови проходят в течение десяти дней при температуре 10–12 °С и влажности воздуха 90–95 %. При таких же условиях идут раневые реакции у корнеплодов свеклы.

По мере хранения способность клубней продуцировать фитоалексины падает, что снижает их устойчивость к болезням.

Старение – процесс жизнедеятельности клубней и корнеплодов, связанный с нарушением обмена веществ в клетках и приводящий к необратимым изменениям. Происходит ухудшение вкуса, цвета, запаха, пищевых свойств, наблюдается снижение содержания витаминов и других веществ, снижается устойчивость к фитопатогенным микроорганизмам, наблюдаются мутационные изменения.

Изменение окраски возникает в результате разрушения хлорофилла, синтеза каротиноидов и пигментированных фенольных соединений, таких как антоцианы (синие, красные). Каротиноиды могут синтезироваться в темноте, но не при отсутствии кислорода. Кислород, этилен и повышенная температура стимулируют данный процесс.

Изменение консистенции. Прочность структуры корнеплодов и картофеля при хранении уменьшается. Возрастает содержание растворимых пектиновых веществ вследствие гидролиза протопектина и дру-

гих полисахаридов, скрепляющих клеточные стенки ткани.

Предварительное охлаждение способствует сохранению энергетических запасов растительных тканей, необходимых для прохождения биологических процессов, в том числе связанных с образованием защитных веществ против возбудителей болезней.

3.4. Влияние микроорганизмов на сохранность картофеля и корнеплодов

Основная причина порчи продукции при хранении – это активное развитие микроорганизмов. Загнивание продукции при хранении могут вызывать свыше 150 видов грибов. Подавляющая их часть заражает еще на материнском растении и продолжает развиваться во время хранения. Типичным примером является фитофтороз. Вместе с тем известны фитопатогенные микроорганизмы, поражающие продукцию растениеводства только в период хранения. Например, грибы рода *Penicillium*.

Наиболее распространенные фитопатогенные микроорганизмы, поражающие картофель во время уборки, транспортирования и хранения, вызывают следующие болезни:

- микозы (фомоз, фитофтороз, серая плесень, черная плесень);
- бактериозы (слизистый бактериоз, мокрая гниль, мокрая бактериальная гниль картофеля);
- вирусные поражения.

Бактериальные заболевания встречаются реже.

По способности проникать в растения все паразитические грибы можно подразделить на две группы.

К первой группе (так называемым раневым паразитам) относят грибы, способные проникать лишь через поврежденные ткани; здоровые покровные ткани растений для них являются практически непреодолимым барьером. К их числу относятся грибы рода *Fusarium*, *Penicillium*, в некоторой мере *Botrytis*. В настоящее время они являются основным источником потерь при хранении.

Вторую группу составляют микроорганизмы, располагающие специальным морфологическим аппаратом для разрушения покровных тканей растений. К их числу относятся паразиты, поражающие клубни и корнеплоды еще на материнском растении, – возбудители фитофтороза, антракноза и др. Данная группа микроорганизмов осуществляет свою разрушительную деятельность обычно с помощью выделяемых ими веществ – токсинов.

Кроме токсинов микроорганизмы выделяют также ферменты, при-

чем в некоторых случаях эти ферменты являются составной частью токсинов. При этом большую роль играют пектолитические ферменты. С их помощью микроорганизмы вызывают размягчение растительных тканей.

Однако не следует считать сочные растительные объекты пассивной питательной средой для патогенных микроорганизмов. Болезненый процесс – это не только повреждение организма, но и борьба его за восстановление нормы.

Микроорганизмы, развивающиеся на клубнях и корнеплодах, по времени и месту их наибольшей активности могут быть подразделены на две группы.

К первой группе относятся микроорганизмы, которые развиваются на клубнях и корнеплодах исключительно во время хранения и не поражают растения в период вегетации (*Rhizopus nigricans*, *Erwinia carotovora*).

Ко второй группе относятся микроорганизмы, которые заражают растения на поздних стадиях вегетации в поле, в основном при неблагоприятных погодных условиях, но их активность особенно сильно проявляется при хранении.

К микроорганизмам второй группы относятся:

Fusarium – возбудитель фузариоза картофеля (рис. 3.5);



Рис. 3.5. Фузариоз картофеля

Phytophthora infestans – возбудитель фитофтороза картофеля (рис. 3.6);



Рис. 3.6. Фитофтороз картофеля

Sclerotinia libertiana – возбудитель белых гнилей моркови (рис. 3.7);



Рис. 3.7. Белая гниль моркови

Phoma – возбудитель фомоза моркови и свеклы (рис. 3.8);



Рис. 3.8. Фомоз моркови и столовой свеклы

Rhizoctonia – возбудитель бурой гнили корнеплодов (рис. 3.9).



Рис. 3.9. Ризоктониоз столовой свеклы

Различают два вида иммунитета растений: видовой, или неспецифический, и сортовой, или специфический.

Наиболее распространен неспецифический иммунитет. Благодаря ему целые роды и виды растений совсем не подвергаются определенным заболеваниям. Например, картофель не поражается серой гнилью, капуста – картофельной гнилью и т. д.

Специфический иммунитет определяет устойчивость отдельных сортов внутри вида к тем паразитам, которые в процессе эволюции приспособились к развитию именно на этих видах растений. В явлении

специфического иммунитета решающее значение имеют защитные реакции, возникающие в клетках растения-хозяина в ответ на проникновение в них патогенных микроорганизмов. Более устойчивые к болезням сорта растений способны прижизненно вырабатывать ингибиторы паразитов. Их образование в растительной клетке индуцируется паразитом, и они же вызывают его гибель. В этом заключается смысл защитной реакции растений на вмешательство паразитов.

Универсальной, неспецифической ответной реакцией на инфицирование фитопатогенами является возрастание в растительных тканях дыхания и усиление энергетического обмена, целью которого является обеспечение энергией и пластическими материалами защитных реакций растений. К числу защитных приспособлений растений относятся и разнообразные механические барьеры на пути проникновения инфекции – наличие на поверхности плодов и овощей волосков, воскового налета и т. д.

Активное развитие микроорганизмов на овощах, плодах и картофеле часто сопровождается большим выделением тепла, скапливающегося в результате плохой тепло- и температуропроводности. В зависимости от вида продукции, способа и условий хранения иногда самосогревание развивается слабо, малозаметно, в других случаях протекает сильно и быстро. Начавшийся процесс самосогревания сам по себе не останавливается до его завершения. Только срочное охлаждение способом активного вентилирования или переборки и последующая реализация позволяют спасти часть продукции от порчи. Самосогревание начинается локально или сразу охватывает большие насыпи. Локальное самосогревание при отсутствии наблюдения и мероприятий, направленных на ликвидацию очага, переходит в сплошное.

Если овощи и картофель рассредоточены и хранятся в ящиках или контейнерах, то типичной картины самосогревания обычно не наблюдается, а происходит порча пораженной болезнями продукции без значительного повышения температуры. Представление о лежкости овощей, плодов, ягод и картофеля получают по скорости тепловыделения в процессе дыхания. Чем она выше, тем ниже лежкость продукции. Для длительного хранения непригодны малина, груши летних сортов, вишня и персики.

Разработан электрофизический способ защиты овощей и плодов от возбудителей болезней при хранении. Он основан на повышении естественного иммунитета самих растительных тканей с помощью химически нейтрального индуктора микротоков. Пропускание слабого электрического тока через массу овощей и плодов получило название микротоковой стабилизации (МКТС).

3.5. Процессы, происходящие в корнеплодах сахарной свеклы при хранении

При хранении в корнеплодах сахарной свеклы проходят сложные физиологические и биохимические процессы. Для поддержания жизнедеятельности расходуется сахароза. При хранении происходят процессы гидролитического распада и наблюдаются естественные изменения в химическом составе корнеплодов. Увеличивается содержание трисахаридов (раффиноза, кестоза). В результате гидролиза белков в свекловичном соке появляются пептиды и аминосоединения. Происходит дезаминирование аминокислот и амидов с образованием аммонийных солей. В небольших количествах в раствор переходят пектиновые вещества и гемицеллюлозы. Общее содержание минеральных веществ в корнеплодах при хранении почти не изменяется, но доля растворимой золы в соке увеличивается. Все это приводит к ухудшению технологических качеств свеклы, снижению содержания сахарозы и накоплению несахаров.

Гидролитический распад сахарозы в корнеплодах свеклы при хранении обусловлен необходимостью расходования образующихся при гидролизе моносахаридов при дыхании и прорастании. Если дыхание является обязательным физиологическим процессом, то прорастание можно исключить или резко ограничить.

Дыхание. При хранении неповрежденных, с правильно обрезанной головкой корнеплодов в оптимальных условиях величина потерь сахарозы на дыхание незначительна. Однако в сутки за счет дыхания теряется 0,012 % сахарозы. При хранении механически поврежденных корнеплодов с большим количеством земли, ботвы и других примесей интенсивность дыхания резко возрастает и потери сахара увеличиваются.

На интенсивность дыхания корнеплодов сахарной свеклы влияют температура, относительная влажность и газовый состав окружающей среды, размер корнеплодов и удельная площадь их поверхности, степень спелости, физическое состояние корнеплодов, наличие повреждений, загрязненность, химический состав корнеплодов, высота среза головки, срок хранения и другие факторы.

Увядание. При хранении корнеплодов в кагатах без укрытия особенно в теплое время года происходят значительные потери влаги. Из-за высокого водного дефицита нарушается стабильное состояние ферментов в корнеплодах и активизируется их деятельность, что вызывает усиление дыхания и увеличивает потери сахаров.

При интенсивном увядании корнеплодов потеря каждого процента влаги может привести к увеличению потерь сахарозы на 0,005–0,01 % к массе свеклы. При увеличении степени увядания корнеплодов снижается чистота свекловичного сока. Увядание приводит к снижению упругости, изменяются и другие физические и химические показатели.

Прорастание. Особенno склонны к прорастанию корнеплоды, убранные комбайнами без доочистки. В верхней части кагата корнеплоды прорастают в два раза быстрее. Интенсивнее прорастают корнеплоды в невентилируемых кагатах, и в первую очередь те, у которых осталась верхушечная почка. Корнеплоды с необрязанной головкой хранятся лучше, поэтому при длительном хранении целесообразно удалять только верхушечную почку, не трогая головку. Недоспелая свекла прорастает быстрее, чем спелая. Скорость прорастания зависит от сорта и спелости, степени обрезки головок, но главным фактором является температура.

Суберинизация – это способность корнеплодов образовывать на месте механических повреждений новую ткань – раневую перидерму, препятствующую проникновению в корнеплод инфекции. Интенсивность образования перидермы зависит от характера повреждения корнеплодов, их физического состояния, сорта, температурно-влажностного режима. На подвяленных корнеплодах раневая перидерма образуется значительно медленнее. Активное вентилирование кагатов способствует ускорению образования раневой перидермы.

Подмораживание. Подмороженные корнеплоды непригодны для длительного хранения, так как при оттаивании они быстро загнивают, их трудно перерабатывать. Наиболее часто подмораживаются выкопанные корнеплоды, оставшиеся на поле без укрытия.

Развитие микроорганизмов. При оптимальных условиях хранения спелые и неповрежденные корнеплоды хорошо сопротивляются развитию микроорганизмов. Микроорганизмы развиваются в первую очередь на отмерших клетках, механически поврежденных, подмороженных и увядающих участках корнеплодов, а затем начинают поражаться живые клетки. Загнивание корнеплодов в кагатах является одной из главных причин потери массы и снижения выхода сахара.

Болезни, вызываемые грибами, чаще наблюдаются осенью. Этому благоприятствует высокая влажность воздуха при недостаточно высокой температуре. Один из наиболее активных и распространенных возбудителей кагатной гнили при хранении свеклы – гриб *Phoma betae* Frank. Бактериальная микрофлора наиболее активно развивается весной, когда сопротивляемость свеклы после длительного хранения ослабевает.

Тема 4. БИОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ХРАНЕНИИ И ПЕРЕРАБОТКЕ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ

- 4.1. Характеристика плодов и овощей как объектов хранения.
- 4.2. Факторы сохраняемости плодовоовощной продукции.
- 4.3. Физиологические процессы, происходящие в плодах и овощах при хранении.
- 4.4. Влияние микроорганизмов на сохранность плодов и овощей.
- 4.5. Влияние насекомых, клещей, нематод на сохранность плодовоовощной продукции.
- 4.6. Классификация методов переработки и консервирования плодовоовощной продукции.

4.1. Характеристика плодов и овощей как объектов хранения

Плоды, овощи и ягоды объединяются в группу сочных продуктов, так как содержат много воды: от 60 % (в чесноке) до 96 % (в огурце). Исключение составляют орехоплодные и бобовые культуры. Содержание большого количества воды является главной причиной, затрудняющей организацию хранения сочных продуктов. Подавляющая часть воды (около 80 %) находится в свободной подвижной форме, что способствует усиленному обмену веществ в клетках и тканях, активному развитию микроорганизмов, приводящему к быстрому старению и порче овощей и плодов. Чтобы понизить интенсивность биологических процессов, их хранят при температуре, близкой к 0 °C, т. е. в условиях психроанабиоза. Высокое содержание воды вызывает необходимость хранения плодовоовощной продукции при повышенной относительной влажности воздуха (85–98 %), чтобы предупредить испарение влаги и потерю тurgора, способствующих увяданию и убыли массы. В увядших овощах и плодах снижается естественный иммунитет, и они подвергаются порче вследствие развития микроорганизмов.

Особенности химического состава плодов и овощей. Плоды и овощи – это продукция сочная, с большим содержанием воды (60–95 %). В связи с этим энергетическая ценность этой группы продукции невелика: калорийность плодов и овощей колеблется от 14 ккал в 100 г (у огурца) до 300 ккал (у фасоли). Исключение составляют, например, финики, греческие орехи, имеющие высокую калорийность. Однако, несмотря на это, овощи и плоды играют огромную роль в питании человека.

ка, так как содержат очень ценные биологически активные вещества и обладают диетическими и лечебными свойствами.

Основную массу сухих веществ в овощах и плодах составляют углеводы. Но если в зерне и семенах углеводы в основном представлены полисахаридами (крахмал), то в созревших плодах – это простые сахара (глюкоза, сахароза, фруктоза), придающие им сладкий вкус. Важное значение в пищеварении человека имеют пектиновые вещества и клетчатка овощей и плодов. Источниками белков и жиров сочные продукты не являются. Следует отметить защитную функцию такого жиро-подобного вещества, как воск, синтезирующийся на покровных тканях овощей и плодов.

Плоды и овощи богаты минеральными веществами, которые находятся в легкоусвояемой форме и играют важную физиологическую роль в обмене веществ. Зольные элементы овощей и плодов имеют щелочной характер, что важно для нормализации кислотно-щелочного равновесия в организме человека.

В состав овощей и плодов входят органические кислоты, в свободном состоянии или в виде солей. Они влияют на вкусовые свойства, участвуют в процессе дыхания, в организме человека возбуждают деятельность пищеварительных желез и способствуют хорошему усвоению пищи. Высокое содержание органических кислот повышает лежкость овощей и плодов и устойчивость их к заболеваниям. Наиболее распространенными являются яблочная, лимонная, винная кислоты.

Плоды и овощи – важный источник витаминов, а в отношении витаминов С (аскорбиновая кислота), Р (рутин), В₉ (фолиевая кислота) – даже единственный. Витамины в свежих плодах находятся в активном и быстроусвояемом состоянии. Их недостаток вызывает авитаминоз.

В состав овощей и плодов в небольшом количестве входят такие ценные химические соединения, как дубильные вещества, эфирные масла, которые влияют на вкус и аромат, обладают лечебным, антисептическим действием. Пигменты разных видов обусловливают характерную окраску овощей и плодов.

Характеристика показателей качества овощей и плодов. Овощи и плоды – продукты многоцелевого использования, поэтому их качество нормируется с учетом дальнейшего целевого назначения. Например, предъявляются различные требования к огурцам для использования в свежем виде, для соления и для цельноплодного консервирования.

Овощи и плоды характеризуются высокой степенью разнокачественности. Следовательно, их качество дифференцируют по товарным сортам и категориям. Установление одного уровня требований

недопустимо. В стандартах на плоды и овощи широко применяются допуски – допустимые отклонения от требований стандарта (по содержанию всякого рода дефектной продукции). На продукцию, которая утратила свою доброкачественность, приобрела токсические свойства и не может использоваться на пищевые цели, установлены запретительные нормы.

Плоды и ягоды – продукты скоропортящиеся, они сохраняют свою свежесть ограниченный период времени. В связи с этим стандарты допускают незначительное снижение уровня требований к ним в местах назначения (реализации) по сравнению с местами заготовки (выращивания), если это не приводит к существенному ухудшению потребительских свойств.

Определение качества любого вида овощей, плодов и ягод начинают с оценки внешнего вида. Несмотря на большое разнообразие продуктов, в стандартах устанавливается единый уровень требований по этому комплексному показателю. По внешнему виду овощи и плоды должны быть свежими, целыми, чистыми, здоровыми, вызревшими, но неперезрелыми, типичной для ботанического сорта формы и окраски, непроросшими, неувядшими, без механических повреждений, повреждений вредителями и поражения болезнями. Содержание дефектных по внешнему виду плодов ограничивается допусками. Стандартами не допускается содержание явно недоброкачественной продукции: загнившей, за плесневевшей, запаренной, подмороженной.

Плоды и овощи высокого качества реализуются по более высоким ценам, что позволяет сельскохозяйственным предприятиям всех форм собственности, занимающимся их выращиванием, получать больший размер прибыли.

4.2. Факторы сохраняемости плодовоощной продукции

Различают две группы факторов:

1. Биологические:

- лежкость плодов и овощей;
- условия выращивания;
- доброкачественность закладываемой на хранение продукции.

2. Технологические:

- режим хранения;
- размещение в хранилище и метод хранения;
- контроль качества в течение всего периода хранения.

1. Биологические факторы.

Лежкость плодов и овощей. Овощи и плоды являются живыми объектами, поэтому результаты их хранения, как отмечалось выше, обусловлены в первую очередь их биологическими особенностями. Способность плодов и овощей сохраняться длительное время без значительных потерь массы, порчи от микробиологических и физиологических заболеваний, ухудшения товарных, пищевых и семенных качеств также определяется таким понятием, как *лежкость*, которая количественно может быть выражена максимальным сроком хранения при оптимальных условиях. *Сохраняемость* – проявление лежкости в конкретных условиях хранения. Поэтому плодовоовощную продукцию по характеристике лежкости можно разделить на две большие группы:

- пригодную к длительному хранению (сроком свыше 20 дней и до нескольких месяцев) и обладающую хорошей лежкостью: картофель, двулетние овощи (капуста, корнеплоды, лук, чеснок), плоды семечковых культур (яблоки, груши);

- не пригодную к длительному хранению и имеющую очень низкую лежкость: плоды косточковых культур, ягоды, плодовые и зеленые овощи.

Повышенная лежкость некоторых двулетних овощей определяется главным образом продолжительностью периода глубокого физиологического покоя, в течение которого происходит подготовка растений к репродуктивному этапу развития, т. е. завершается дифференциация генеративных почек и конусов нарастания. В период покоя все ростовые процессы замедлены.

Лежкость плодов семечковых культур обусловлена длительностью периода послеуборочного дозревания, связанного с окончательным формированием семян и околоплодника. Они убираются в период технической (съемной) зрелости, а при хранении приобретают потребительскую (съедобную) зрелость. В это время происходит улучшение пищевых свойств: вкуса, аромата, консистенции.

Сохраняемость листовых овощей, ягод и большей части косточковых плодов минимальна, и сроки их хранения почти целиком зависят от внешних условий, а также от сортовых особенностей, степени зрелости и условий выращивания.

Условия выращивания. К условиям выращивания относят:

- климатические условия;
- агротехнические условия;
- виды почв.

Оптимальные условия выращивания способствуют формированию иммунитета плодов и овощей.

Климатические условия. Плоды и овощи, выращенные в теплом и сухом климате, обладают лучшей сохраняемостью по сравнению с выращенными в прохладной сырой местности.

В то же время излишне высокая температура во время вегетационного периода приводит к ускорению созревания плодов и овощей, вследствие чего они нередко приобретают свойства, характерные для скороспелых сортов, что отрицательно влияет на их лежкость. Во время роста плоды и овощи должны получать достаточное количество влаги, но избыток ее в период созревания и уборки приводит к тому, что плоды и овощи накапливают большое количество влаги, обладают повышенной испаряемостью и быстро увядают при хранении.

Агротехнические условия выращивания. К ним относятся:

- подготовка семян;
- соблюдение сроков посева, посадки, уборки урожая;
- применение минеральных и органических удобрений;
- обработка растений в процессе выращивания.

Так, например, сроки посадки и уборки урожая существенно влияют на лежкость: недозрелые плоды и овощи хранятся плохо, а перезрелые к длительному хранению вообще непригодны.

Виды почв. Плоды и овощи, выращенные на легких по механическому составу почвах (песчаных, супесчаных, черноземных), быстрее созревают и формируются, в связи с чем лучше хранятся по сравнению с выращенными на тяжелых суглинистых почвах.

Перенасыщение почв влагой приводит к снижению лежкости плодов и овощей.

Доброкачественность закладываемой на хранение продукции является одним из важных биологических факторов.

Лучшей сохраняемостью обладают плоды и овощи целые, сухие, здоровые, чистые, без механических повреждений, без повреждений вредителями и болезнями.

Закладка на хранение плодов и овощей, пораженных инфекционными заболеваниями, может привести к загниванию всей партии.

2. Технологические факторы обусловливают создание оптимальных условий, обеспечивающих сохраняемость свежих плодов и овощей в течение определенного срока.

К этим факторам относятся:

- режим хранения;
- размещение в хранилище и метод хранения;
- контроль качества в течение всего периода хранения.

Режим хранения. Его необходимо соблюдать для того, чтобы максимально сохранить качество и снизить потери плодов и овощей при хранении.

Режим хранения характеризуется:

- 1) температурой;
- 2) газовым составом;
- 3) освещением;
- 4) относительной влажностью воздуха;
- 5) воздухообменом.

Температура является основным средством регулирования физиологических и биохимических процессов при хранении плодов и овощей.

Выбор оптимальной температуры хранения для каждого вида и сорта ограничивается свойственными им критической и криоскопической температурой.

Криоскопической считается температура начала льдообразования в тканях растения, что приводит к их гибели. Криоскопическая температура является нижней границей допустимого понижения температуры.

Критическая температура – та, ниже которой в плодах наступают физиологические (низкотемпературные) расстройства: темнеет и отмирает ткань, ухудшаются внешний вид и кулинарные свойства, плоды легко поражаются микробиологическими заболеваниями.

Для большинства плодов и овощей оптимальная температура хранения должна быть от 0 до 1 °C. При такой температуре ослабевает деятельность микроорганизмов, замедляется дыхание и биохимические процессы.

Исключением являются цитрусовые, бананы, ананасы, их хранят при более высокой температуре – от 8 до 16 °C.

Состав газовой среды – это содержание в воздухе хранилища углекислого газа, кислорода и азота.

При хранении плодов и овощей в среде с пониженной концентрацией кислорода и повышенной концентрацией углекислого газа происходит замедление процессов обмена веществ, дыхания, подавляется рост аэробных микроорганизмов.

Предельно допустимые концентрации газов в хранилище:

CO₂ – не более 10 %;

O₂ – не менее 2 %.

Освещенность оказывает отрицательное влияние на сохраняемость плодов и овощей, так как свет ускоряет процессы жизнедеятельности, вызывает разрушение витаминов и красящих веществ и позеленение

картофеля, при этом в клубнях накапливается ядовитый гликозид соланин.

Поэтому овощи и плоды, как правило, хранят в темноте.

Относительная влажность воздуха влияет на интенсивность испарения влаги и потери массы продукции при хранении.

Для большинства плодов и овощей оптимальной является относительная влажность воздуха от 85 до 95 %.

Некоторые овощи (репчатый лук, чеснок) хранят при относительной влажности от 70 до 75 % для предупреждения развития шейковой гнили. При такой же относительной влажности хранят орехоплодные для предупреждения их плесневения.

Обмен воздуха при хранении осуществляется путем циркуляции без подачи наружного воздуха и путем вентиляции (с подачей наружного воздуха) для поддержания в хранилище стабильного температурно-влажностного режима.

4.3. Физиологические процессы, происходящие в плодах и овощах при хранении

Физиологические процессы, происходящие в плодах и овощах при хранении, зависят от особенностей объектов хранения.

Плоды и овощи – это различные органы или видоизменения органов однолетних и многолетних овощных культур.

На хранение закладывают плоды, ягоды, клубни, корни, корнеплоды, луковицы, кочаны, листья и другие части растений.

Всю плодовоовощную продукцию с точки зрения хранения целесообразно разделить на четыре группы.

Первая группа. Вегетативные органы двулетних овощных растений: корнеплоды (редька, брюква, репа, пастернак, сельдерей), луковицы, клубни, кочаны. В данную группу входит и редис, хотя это однолетнее растение.

Вегетативные органы этих растений по своей биологии должны развиваться дальше и дать семена на второй год.

Вторая группа. Плоды (яблоки, груши, айва) и плодовые овощи (арбузы, дыни, тыква, томаты, перцы). Объекты их хранения – это сочные органы с семенами.

Часто плоды убирают с недозрелыми семенами и при хранении они дозревают. По мере созревания семян размягчается околоплодник, плоды приобретают техническую зрелость и становятся пригодными к употреблению. Поэтому продолжительность хранения плодов зависит

от послеуборочного дозревания, на которое сильно влияют режим хранения и состояние самого объекта (степень зрелости, тургор клеток, культура, сортовые особенности).

Третья группа. К этой группе относят ягоды.

У ягод очень сочный околоплодник, нежные ткани. Убирают ягоды вызревшими, с полностью сформировавшимися и созревшими семенами. При уборке в момент отделения от плодоножки ягоды часто повреждаются. Состав их сока весьма благоприятен для развития различных болезней и дрожжей. В связи с этим ягоды хранят непродолжительный срок.

Четвертая группа. Листовые овощи (салат, шпинат, лук-перо, укроп и т. д.), у которых нет ни семян, ни репродуктивных органов.

Данные объекты хранения никаких биологических функций после отделения от материнского растения не выполняют, обладают большой поверхностью испарения, быстро увядают, дыхание у них идет интенсивно.

Продолжительность хранения листовых овощей зависит от режимов хранения (должны способствовать уменьшению испарения и интенсивности дыхания) и от того, как быстро они будут созданы.

Для этого листовые овощи упаковывают в полимерные пакеты и хранят в холодильниках при температуре 0 °C.

Процессы, происходящие в плодах и овощах при хранении:

- 1) дозревание;
- 2) физические процессы;
- 3) дыхание;
- 4) биохимические процессы.

1. Дозревание. Как объекты хранения плоды и овощи во время хранения находятся в неодинаковом биологическом состоянии. Особенностью процессов, происходящих в плодах и плодовых овощах в период хранения, является дозревание мякоти и семян.

После снятия плодов с растения идут процессы дозревания. У плодов по мере дозревания происходят следующие изменения:

- усиливается аромат;
- изменяется окраска (уменьшается содержание хлорофилла, увеличивается содержание каротиноидов);
- улучшается вкус;
- они становятся более мягкими (возрастает содержание растворимых пектиновых веществ);
- увеличивается содержание сахара;
- в яблоках увеличивается содержание воска;

- уменьшается содержание кислот, образуются новые кислоты (*присутствие янтарной кислоты говорит о начале функциональных расстройств*);

- возрастает содержание этилена (C_2H_4) – чем раньше образуется этилен, тем скорее развивается процесс созревания (*в перезревших томатах его в 8 раз, а в яблоках в 10 раз больше по сравнению со зрелыми*).

За дозреванием следует перезревание мякоти, заканчивающееся распадом и отмиранием клеток и освобождением зрелых семян.

По мере дозревания плоды все более утрачивают лежкоспособность и в силу ослабления естественного иммунитета поражаются микроорганизмами.

Путем регулирования условий хранения можно замедлить процессы дозревания.

2. *Физические процессы*. Из физических процессов, происходящих в плодах и овощах во время хранения, наиболее существенное значение имеют:

- испарение воды;
- действие отрицательных температур.

Испарение воды. Естественная убыль плодов и овощей в период хранения образуется за счет испарения воды. Плоды и овощи теряют свежесть и увядают (рис. 4.1). Увядание овощей и плодов вызывает усиление дыхания и этим увеличивает потери запасных питательных веществ.



Рис. 4.1. Увядание плодов

Потеря воды плодами и овощами зависит от внешних факторов: температуры, влажности и циркуляции воздуха.

Чем выше температура и суще воздух, тем больше воды испаряют плоды и овощи.

С повышением скорости движения воздуха испарение воды усиливается.

Действие отрицательных температур. Низкие температуры в период хранения не должны вызывать замерзания плодов и овощей, нарушать ход нормальных физиологических процессов или снижать иммунитет против микроорганизмов.

Температура замерзания отдельных плодов и овощей колеблется в пределах от $-0,5^{\circ}\text{C}$ (огурцы) до $-4,5^{\circ}\text{C}$ (виноград).

Основной причиной гибели клеток плодов и овощей при замерзании является обезвоживание плазмы клеток, приводящее к коагуляции коллоидных веществ.

3. *Дыхание.* Для обеспечения процессов обмена веществ при хранении необходима энергия. Она выделяется в результате окисления сложных органических веществ до промежуточных или конечных продуктов окисления: воды и углекислого газа.

Дыхание – один из центральных процессов обмена веществ растительного организма. Выделяющаяся при дыхании энергия тратится как на процессы роста, так и на поддержание в активном состоянии уже закончивших рост органов растения.

Выделяемая при дыхании теплота является причиной самосогревания; при недостаточном вентилировании и охлаждении складских помещений происходит значительное накопление тепла, что усиливает интенсивность дыхания плодов и овощей.

В процессе дыхания расходуются в первую очередь углеводы, затем органические кислоты, азотистые, пектиновые вещества, и это приводит к потере массы.

Старение тканей плодов и овощей также сопровождается накоплением продуктов анаэробного распада. Ослабляется способность тканей усваивать кислород, усиливаются анаэробные процессы, сопровождаемые накоплением недоокисленных продуктов дыхания – спирта, уксусной, молочной кислот. Это приводит к возникновению различных заболеваний, вызывающих побурение покровных тканей и мякоти плодов. Процессы аэробного и анаэробного дыхания протекают в плодах и овощах до образования пировиноградной кислоты.

В недозрелых плодах и овощах процесс дыхания происходит всегда значительно интенсивнее, чем у зрелых. Из внешних факторов наибо-

лее сильное влияние на интенсивность дыхания оказывает температура. С ее повышением дыхание плодов и овощей усиливается. Плоды и овощи, сохраняемые на свету, показывают более высокую интенсивность дыхания, чем в темноте.

Интенсивность дыхания зависит:

- 1) от сортовых особенностей (сорта яблок Антоновка, Кальвиль дышат на 20 % интенсивнее, чем сорта Антей, Ранет Симиренко);
- 2) расположения тканей (у цитрусовых кожура дышит в 10 раз интенсивнее, чем ткань мякоти);
- 3) времени хранения (яблоки в первый день дышат в 2 раза интенсивнее, чем через 5 дней);
- 4) температуры (при температуре от 0 до 10 °С интенсивность дыхания увеличивается в 5 раз);
- 5) состава воздуха (снижение содержания О₂ и увеличение содержания СО₂ снижают интенсивность дыхания, замедляют процесс старения и увеличивают срок хранения).

4. *Биохимические процессы.* Распад сложных органических соединений до более простых. Например, крахмал, подвергаясь гидролизу, переходит в сахарозу, которая также распадается до глюкозы и фруктозы. От этого плоды становятся более сладкими.

Глубокие изменения претерпевают пектиновые вещества. Нерастворимый протопектин, связывающий отдельные клетки между собой, переходит в водорастворимую форму – пектин. В результате связь между отдельными клетками ослабевает.

Дубильные вещества при дозревании плодов частично используются на дыхание, частично вступают в соединение с белковыми веществами. Общее количество их уменьшается.

Физиологические расстройства у плодов и овощей показаны на рис. 4.2–4.8.



Рис. 4.2. Поражение сердцевины клубней картофеля



Рис. 4.3. Точечный некроз капусты



Рис. 4.4. Стекловидность плодов



Рис. 4.5. Загар плодов

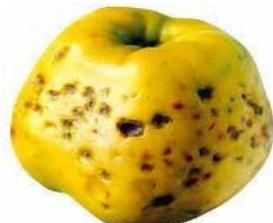


Рис. 4.6. Горькая ямчатость плодов



Рис. 4.7. Внутреннее побурение мякоти плодов



Рис. 4.8. Пухлость плодов
(побурение мякоти от перезревания)

В период хранения также наблюдается значительное уменьшение содержания витаминов. За 5–7 мес хранения многие сорта моркови, капусты и других овощей теряют от 30 до 50 % аскорбиновой кислоты.

4.4. Влияние микроорганизмов на сохранность плодов и овощей

Микробиологические процессы вызываются микроорганизмами, которые выделяют токсины (яды), убивающие растительные ткани. Эти токсины представляют большую опасность для человека.

В зависимости от места повреждения микроорганизмы, поражающие плоды и овощи, делятся на две группы:

1) поражающие продукцию в период выращивания и продолжающие свою деятельность при хранении;

2) поражающие продукцию при хранении.

К первой группе относятся серая, белая, черная гниль, фитофтора, фомоз и т. п. (рис. 4.9–4.11). Они вызывают порчу продукции в первый период хранения. Вторая группа представлена микроорганизмами, которые вызывают заболевания фузариозом, голубой и зеленой плесенью, мокрой гнилью (рис. 4.12) и т. п. Ими чаще всего поражаются плоды и овощи в конце хранения.



Рис. 4.9. Серая гниль



Рис. 4.10. Черная гниль



Рис. 4.11. Фитофтороз томатов



Рис. 4.12. Мокрая гниль

Поражение плодовоощной продукции микроорганизмами зависит от ее иммунных свойств. При высокой устойчивости к определенным болезням микробиологические процессы не происходят. Разные виды и сорта плодов и овощей обладают неодинаковой устойчивостью к различным видам микроорганизмов. Так, корнеплоды устойчивы к фитофторе, а картофель – неустойчив.

Не существует микроорганизмов, которые могут повреждать все виды плодов и овощей. Однако одни микроорганизмы являются общими для многих видов плодов и овощей, другие специфичны только для отдельных видов. Поэтому по степени распространенности их можно подразделить на общие и специфичные (рис. 4.13). Такое деление позволяет прогнозировать возможность заражения здоровой продукции от больной при совместном хранении разных видов плодов и овощей.



Рис. 4.13. Стрик и мозаика томатов

Устойчивость плодов и овощей к болезнетворным микроорганизмам и физиологическим расстройствам играет большую роль в продлении их срока хранения. Это свойство зависит в первую очередь от сортовых особенностей культуры. Иммунные, не восприимчивые к болезням сорта противодействуют проникновению гриба в ткань. В ответ на поражение гнилями в растениях накапливаются токсичные для паразита антибиотические вещества – фитоаллексины, играющие защитную роль.

Устойчивость плодов и овощей зависит от плотности тканей и кожицы, наличия воскового налета, степени зрелости, механических повреждений и т. д. В этом случае нарушается защитный слой и микроорганизмы свободно проникают к нежным тканям.

На это свойство влияет и химический состав. Такие вещества, как полифенолы, гликозиды, фитонциды и пр., обладают фунгитоксическими свойствами, т. е. препятствуют развитию болезней.

Устойчивость к механическим повреждениям зависит от толщины и строения кожицы, содержания клетчатки, интенсивности образования суберина. У разных плодов и овощей и даже сортов толщина покровного слоя не одинакова. Например, у редьки он прочнее, чем у свеклы и тем более у моркови. Хорошо вызревшие кочаны, корнеплоды более устойчивы к механическим повреждениям.

Высокая естественная устойчивость плодов и овощей может быть снижена при неправильной уборке (невызревший материал, механические повреждения) и неправильном размещении продукции на хранение. Например, если разместить в одном штабеле капусту лежко- и нележкоспособного сортов, то нележкоспособные кочаны начнут быстро гнить и эта гниль распространится на лежкоспособные. Подмораживание овощей снижает их лежкоспособность, так как замороженные ткани погибают, а многие болезни развиваются только на мертвых тканях (например, серая гниль на кочанах капусты).

При хранении устойчивость к болезням постепенно уменьшается в результате ослабления физиологических процессов. Более того, нарушение окислительно-восстановительных процессов вызывает физиологические заболевания. В хранилище плоды и овощи находятся в большем контакте друг с другом, чем в саду или на плантации, что облегчает распространение инфекции. Применять против болезней химические препараты в хранилищах труднее, чем в поле. Чтобы снизить потери при хранении, используют лежкоспособные сорта, убирают продукцию без механических повреждений, размещают ее в хранилищах с учетом биологических особенностей и создают оптимальный режим хранения.

4.5. Влияние насекомых, клещей, нематод на сохранность плодовоовощной продукции

Вредители сельскохозяйственных культур (насекомые, нематоды, паукообразные) влияют на сохранность заложенной в хранилище продукции. Овощи и плоды, поврежденные в поле, теряют естественный иммунитет и в местах ходов личинок, гусениц легко поражаются микроорганизмами.

Насекомые. Личинки миндального и яблоневого семядела зимуют в семенах поврежденных плодов: миндаля, алычи, терна, яблок, груш.

Гусеницы яблоневой, грушевой, сливовой плодожорки повреждают плоды, загрязняют их, резко снижая товарную ценность. Гусеницы второго поколения яблоневой плодожорки (рис. 4.14) остаются в плодах во время сбора урожая и хранения. Личинки вишневой мухи повреждают косточковые плоды (рис. 4.15).



Рис. 4.14. Яблоневая плодожорка



Рис. 4.15. Вишневая муха

Снижают товарные качества овощей капустная весенняя и летняя мухи. Летняя муха повреждает капусту цветную и белокочанную, все корнеплоды семейства капустных. Личинки пронизывают корнеплоды ходами, способствуя их загниванию в период хранения. Такие же повреждения вызывают и личинки морковной и луковой мух.

Гусеницы капустной совки (рис. 4.16) проникают внутрь кочана,

проделывают глубокие ходы и загрязняют продукцию, ухудшая ее сохранность. Личинки щелкуна-проводника повреждают картофель, морковь, репу, редьку, редис и др. Они проникают внутрь клубней и корнеплодов, пробуравливают ходы, загрязняют их, способствуя загниванию продукции при хранении (рис. 4.17).



Рис. 4.16. Капустная совка

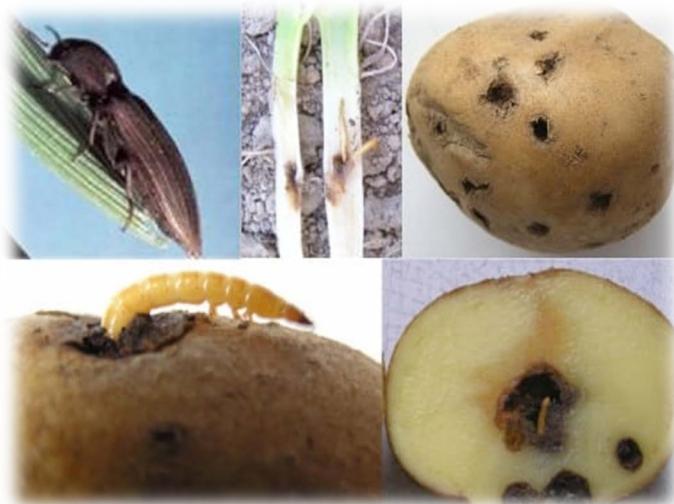


Рис. 4.17. Проволочник

Нематоды. Источниками заражения овощей нематодами (рис. 4.18) служат семенной материал, почва, хранилище, зараженные овощи, инвентарь, оборудование, территория вокруг складов и земельный участок для полевого хранения. В месте поражения овощи разрыхляются, клетки темнеют, отмирают, начинается загнивание.

Овощи, пораженные в сильной степени, относят к техническому браку, при поражении более $\frac{1}{3}$ поверхности – к отходам.



Рис. 4.18. Луковая нематода

Борьбу с фитонематодами вести очень трудно, так как они малы по размерам, интенсивно размножаются и хорошо приспособлены к неблагоприятным условиям внешней среды, устойчивы к химическим воздействиям. Только комплекс профилактических мероприятий (улучшение организации заготовки, упаковывания, транспортирования; сортирование и калибрование; обсушивание; удаление почвы; выдерживание лечебного периода для заживления механических повреждений; закладка только добротальной продукции; своевременная подготовка хранилищ, тары, инвентаря, оборудования), хранение продукции в современных типовых хранилищах (с регулированием режима) обеспечивают сокращение потерь от этих вредителей. На некоторые виды продукции положительно влияет прогревание (например, лука и чеснока) при температуре 45–55 °С в течение 15 мин.

Клещи. Так же, как и нематоды, встречаются повсюду. Вместе с овощами и плодами они попадают в хранилище. Лук и чеснок поражаются тюльпанным, или чесночным, клещом. Проникнув через чешуи лука-севка или лука-репки в поле, он наносит основной вред (усыхание луковиц) в период хранения. В хранилищах клещи обитают на луке, картофеле, загнивших корнеплодах моркови, свеклы, лукови-

цах цветочных растений. Особенно сильно повреждают они донце луковицы, проникая внутрь ее и поселяясь между чешуями (рис. 4.19).



Рис. 4.19. Корневой луковый клещ

К профилактическим мерам борьбы с клещами относят: правильный севооборот, высадку здорового посадочного материала, удаление с поля загнивающих овощей, дезинсекцию хранилищ, правильную подготовку продукции к хранению (например, просушку лука перед закладкой в хранилище).

Основными путями сокращения потерь растительной сочной продукции при хранении являются своевременная борьба с нематодами, клещами и насекомыми в полевых условиях и закладка на хранение здоровой продукции.

4.6. Классификация методов переработки и консервирования плодовоовощной продукции

При переработке плоды и овощи претерпевают существенные изменения. В них прекращаются процессы жизнедеятельности, инактивируются ферменты, изменяется химический состав. При некоторых видах переработки повышается калорийность готовых продуктов за счет добавления масла, сахара, изменения концентрации сухих веществ.

Выделяют физические, микробиологические и химические методы переработки плодов и овощей.

К **физическим методам** консервирования относят тепловую стерилизацию, сушку, глубокое замораживание, консервирование с помощью соли и сахара, стерилизацию облучением, механическую стерилизацию.

К **микробиологическим методам** консервирования, основанным на накоплении молочной кислоты и спирта, относят квашение, соление, мочение и виноделие.

Химические методы консервирования основаны на применении антисептиков. К ним относят сульфитацию, применение бензойной и сорбиновой кислот. Кроме того, применяют этиловый спирт, уксусную (маринование) и молочную кислоты.

С помощью вышеназванных методов или в сочетании их друг с другом перерабатывающей промышленностью производится большое разнообразие консервов. Вся консервная продукция подразделяется на следующие группы:

- овощные консервы (без соков и томатных консервов) – закусочные (фаршированные, резанные в соусе, салаты, винегреты, закуски, овощная икра); обеденные (первые и вторые блюда); натуральные (сахарная кукуруза, зеленый горошек, стручковая фасоль, консервированные огурцы, натуральные томаты, консервированные кабачки и патиссоны, сладкий натуральный перец, цветная капуста); маринады (томаты, огурцы, чеснок и др.); для детского и диетического питания; полуфабрикаты для общественного питания (соленая зелень, заправки для обеденных блюд, тушеная капуста, пюре из шпината и др.); консервы из квашеных и соленых овощей;

- томатные консервы, овощные соки, напитки, сиропы и овощные приправы (сок, пюре, паста, соусы, детские соусы и приправы);

- плодовые и ягодные (фруктовые) консервы – компоты, плоды и ягоды в натуральном соке, повидло, желе, пюре, соусы, пасты, приправы, а также плоды и ягоды протертые или дробленые с сахаром, варенье, джем, конфитюры, цукаты, плодово-ягодные смеси, плодовые и ягодные соки, сиропы и напитки, консервы для детского, диетического и диабетического питания, маринады;

- сущеные овощи, грибы, картофель, плоды;

- быстрозамороженная продукция (кроме картофеля);

- продукты из картофеля;

- соленые, квашеные и моченые овощи, плоды, грибы;

- плодовые и ягодные полуфабрикаты – плоды, ягоды, пюре и соки (консервированные диоксидом серы, бензоатом натрия, сорбиновой кислотой), подварки, начинки, пюре-полуфабрикаты, экстракты, сиропы-полуфабрикаты.

Тема 5. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ХРАНЕНИИ КОРМОВ

5.1. Микробиологические процессы при производстве и хранении сеносы.

5.2. Физиологические и микробиологические процессы при производстве и хранении сенажа.

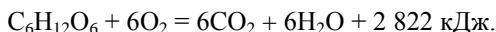
5.3. Физиологические и микробиологические процессы при производстве и хранении сена.

5.1. Микробиологические процессы при производстве и хранении сеносы

Термин «сенос» (исп. *silos*) имеет очень древнее происхождение, на испанском языке означает «яма» для хранения зерна (в настоящее время утратил свое первоначальное значение). Такие зернохранилища были распространены во многих местностях побережья Средиземного моря. Еще за 700 лет до нашей эры землевладельцы Греции, Турции, Северной Африки широко использовали такие ямы для хранения зерна. Со временем этот принцип был использован для хранения и консервирования зеленой массы.

Сеносование – это сложный микробиологический и биохимический процесс консервирования сочной растительной массы. Сущность сеносования зеленых растений заключается в том, что в свежескошенной или провяленной растительной массе, уложенной в траншеи, плотно утрамбованной и изолированной от воздуха, интенсивно протекают биохимические и микробиологические процессы, в результате которых образуются молочная, уксусная, масляная, пропионовая и другие органические кислоты (сдвигающие значение pH в кислую сторону), диоксид углерода, антибиотические вещества (выделяемые клетками растений и микроорганизмами), которые вместе служат комплексным консервирующим средством, предохраняющим массу от порчи.

После скашивания растений вместо фотосинтеза в клетках начинается спад питательных веществ, в основном углеводов. Этот процесс в отмирающих клетках растений получил название «голодный обмен». Он интенсивно протекает при доступе кислорода воздуха и связан с большими потерями энергии в виде тепла, от чего корм разогревается:



В анаэробных условиях растительные клетки отмирают не сразу – еще некоторое время они поддерживают жизнь путем интрамолекулярного (анаэробного) дыхания. При этом сахар разлагается до диоксида углерода (CO_2). Окончательное отмирание клеток связано с накоплением конечных продуктов обмена (5–6 % CO_2 в атмосфере). Однако эти продукты не способны законсервировать массу и предохранить ее от воздействия микроорганизмов.

На поверхности кормовых растений постоянно присутствуют различные виды микроорганизмов, количество которых зависит от климатических условий (влажности, температуры воздуха), места произрастания культуры, расстояния от полей до животноводческих помещений, жилья. В 1 г зеленой свежескошенной массы в зависимости от места произрастания культуры, климатических и других условий содержится молочнокислых бактерий 8–730 тыс., маслянокислых – 1–100 тыс., гнилостных – 42 млн.

Каждая группа микроорганизмов способна развиваться и размножаться при строго определенных условиях влажности, температуры, кислотности среды, энергетического и азотного питания.

В зависимости от потребности в кислороде микроорганизмы разделяют на три группы:

1) размножающиеся как в кислородной, так и в бескислородной среде. К ним относят гомоферментативные и гетероферментативные молочнокислые бактерии, среди которых имеются мезофильные (холодолюбивые) и термофильные (тепплолюбивые) формы и дрожжи;

2) размножающиеся только при доступе кислорода – облигатные аэробы. Представителями этой группы являются плесени и большинство гнилостных бактерий, развитие которых портит силос и делает его непригодным к использованию;

3) размножающиеся только в бескислородной среде – анаэробы. Сюда относится группа маслянокислых бактерий, развитие которых в силосе нежелательно. Маслянокислые бактерии сбраживают сахара до масляной кислоты, которая снижает качество силоса, разрушают белки.

Развитие отдельных групп микроорганизмов в силосе находится в зависимости от кислотности среды (Зафрен, 1977): минимальное значение pH для группы кишечной палочки составляет 5,0, маслянокислых бактерий – 4,5, гнилостных бактерий – около 4,4, молочно-кислых кокков – 3,5, молочнокислых палочек и дрожжей – 3,0, плесени – 1,0.

Установлено, что маслянокислые бактерии хорошо развиваются в среде с рН в пределах 4,5–8,3, гнилостные – 4,4–9,4, а молочно-кислые – 3,0–8,6.

Следовательно, молочно-кислые бактерии обладают замечательной биологической особенностью: продуцируя молочную кислоту, они способны довести ее образование до такой степени концентрации, при которой жизнедеятельность гнилостных и маслянокислых бактерий становится невозможной. Благодаря своей большой стойкости по отношению к кислотам молочно-кислые бактерии в соответствующих условиях быстро занимают доминирующее положение среди других бактериальных групп.

Развитие плесеней, которые могут переносить очень кислую среду (до рН 1,2–1,6) и высокую концентрацию сухого вещества, можно предотвратить, тщательно уплотняя и укрывая силосную массу, так как плесени развиваются только при доступе воздуха.

С точки зрения физиологии питания молочная кислота в тех количествах, в которых она образуется в свободном виде (1–3 %), является совершенно безвредной, а условия, обеспечивающие ее накопление в зеленом корме, и составляют сущность его силосования.

В период силосования развитие разных групп микроорганизмов происходит неравномерно и зависит от многих причин. Академик Е. Н. Мишустин течение микробиологических процессов делит на три фазы.

Первая фаза силосования (смешанное брожение) начинается одновременно с началом заполнения хранилища и заканчивается при создании анаэробных условий в силосуемой массе и ее небольшом подкислении. Этот период характеризуется активным развитием смешанной микрофлоры, поступившей с силосуемой массой. Клетки растений продолжают дышать, но, исчерпав запас кислорода воздуха, отмирают. В этой фазе наряду с факультативными анаэробами (молочно-кислыми бактериями и дрожжами) могут развиваться нежелательные аэробные формы (гнилостные бактерии и плесени), которые препятствуют закислению силоса. Развитие маслянокислого брожения тормозится из-за аэробных условий.

При длительных сроках закладки и отсутствии тщательного трамбования силосуемой массы увеличивается продолжительность первой фазы силосования, что ведет к повышению потерь питательных веществ и снижению качества силоса. Неплотно уложенная масса сильно разогревается. При повышении температуры силосной массы выше

40 °C белки и аминокислоты вступают в химические реакции с сахарами, в результате чего образуются меланоиды, представляющие собой сложный и стойкий комплекс, белки которого не перевариваются животными. В ходе взаимодействия белков с сахарами образуются ароматические вещества типа фурфурола, оксиметилфурфурола и изовалерианового альдегида, которые придают силосу запах яблок, меда или ржаного хлеба. Перегретый силос имеет коричневый или бурый цвет, охотно поедается животными, но переваримость питательных веществ его резко снижается.

Поэтому сокращение фазы смешанного брожения и создание анаэробных условий для развития молочнокислого брожения – основная задача получения доброкачественного силоса. К числу хозяйственных приемов, позволяющих сократить период смешанного брожения, относятся продолжительность закладки, качество уплотнения и укрытия силосуемой массы.

Вторая фаза силосования характеризуется созданием анаэробных условий и бурным развитием молочнокислого брожения, в результате чего корм подкисляется. Образующиеся кислоты угнетают развитие нежелательной микрофлоры. В этот период развивается дрожжевое брожение и часть сахаров превращается в спирт.

Третья фаза силосования связана с окончанием основных процессов брожения. При накоплении в силосе органических кислот и снижении pH до 4,0–4,2 развитие молочнокислых бактерий прекращается.

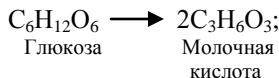
При нормальном брожении в составе органических кислот молочная кислота составляет 65–75 %, уксусная – 25–35 %, а масляной кислоты вообще не бывает. При нарушении технологии силосования, например при плохой изоляции от доступа воздуха, когда начинают развиваться нежелательные гнилостные микроорганизмы (сенная, картофельная, кишечная палочки), дрожжевые клетки, уксуснокислые бактерии и др., количество уксусной кислоты значительно возрастает. Одновременно молочная кислота постоянно нейтрализуется аммиаком, образующимся при разрушении белков гнилостными маслянокислыми бактериями.

Процесс силосования растений должен быть направлен на максимальное снижение потерь питательных веществ при брожении. Использование потенциальной энергии сахаров при различных видах брожения неодинаково. Наиболее экономично с точки зрения последующего питания животных используют сахара молочнокислые бактерии. При сбраживании сахара до молочной кислоты теряется примерно

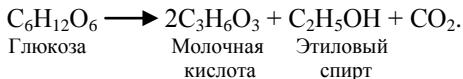
3 % энергии, до уксусной – 15, до масляной – 24 %. Дрожжевое брожение сахаров и образовавшейся молочной кислоты связано с дальнейшей потерей энергии.

Процесс использования (утилизации) сахаров различными видами молочнокислых бактерий протекает по характерным для них схемам:

- гомоферментативное молочнокислое брожение:



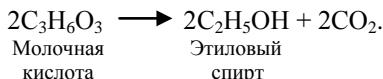
- гетероферментативное молочнокислое брожение:



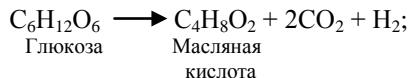
Согласно разным источникам, потери энергии сахаров при дрожжевом брожении составляют от 3 до 9 %. Дрожжевое брожение протекает по схеме:

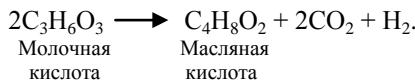


При дрожжевом брожении возможны и дальнейшие потери кормами энергии, когда дрожжевые клетки при недостатке сахара в силюсумной массе переключаются на сбраживание молочной кислоты и при этом дополнительно образуется диоксид углерода:



Еще большие потери энергетической питательности кормов наблюдаются, когда силосование проходит в условиях, благоприятных для развития маслянокислого брожения ($\text{рН} 4,6$ и выше). Потери энергии в этом случае увеличиваются в результате сбраживания маслянокислыми бактериями сахара и молочной кислоты:





Кроме сахара и молочной кислоты в процессе жизнедеятельности маслянокислые бактерии могут использовать отдельные аминокислоты. Например, конечными продуктами разложения глутаминовой кислоты маслянокислыми бактериями являются масляная и уксусная кислоты и газы в виде аммиака, диоксида углерода и водорода.

Маслянокислое брожение при силосовании нежелательно, так как оно указывает на неблагоприятные условия силосования, сопровождается гнилостным распадом белков и накоплением многих вредных для организма животных побочных продуктов жизнедеятельности маслянокислых бактерий.

Предотвратить развитие маслянокислого брожения при силосовании кормов можно путем быстрого снижения значения рН среды до 4,2.

5.2. Физиологические и микробиологические процессы при производстве и хранении сенажа

Сенаж – это разновидность консервированного корма, получаемого из провяленных трав, главным образом бобовых, убранных в начале бутонизации.

Наиболее перспективным способом консервирования различных бобовых трав, и в первую очередь клевера и люцерны, является приготовление из них так называемого сенажа.

Технология приготовления сенажа включает скашивание, плющение и закладку провяленной травы в хранилище. Получить доброкачественный сенаж и до минимума сократить его потери при хранении можно только при закладке корма в капитальные хранилища – траншеи. Для приготовления высококачественного сенажа в хранилища закладывают мелко измельченные растения (размер частиц – 2–3 см), что обеспечивает сыпучесть и уплотнение корма, тщательно утрамбовывают массу и, что очень важно, заготовку сенажа надо привести в 2–4 дня, т. е. в сжатые сроки. Недостаточное уплотнение и продолжительные сроки закладки вызывают нежелательное повышение температуры, что ухудшает переваримость и потери органического вещества корма. После загрузки хранилища сенаж укрывают слоем свежескошенной травы, затем полиэтиленовой пленкой.

От степени герметизации хранилища зависит сохранность и качество сенажа, так как при доступе воздуха начинаются гнилостные процессы, приводящие к порче корма.

В отличие от силюса, сохранность которого обусловливается накоплением органических кислот до рН 4,0–4,2, консервирование сенажа достигается за счет «физиологической сухости» исходного сырья, сохраняемого в анаэробных условиях. Если влажность консервируемой массы будет в пределах 40–50 %, то она хорошо ферментируется и даже при дефиците углеводов дает корм высокого качества. При этом рН корма может быть довольно высоким – около 4,7–5,2. Это объясняется тем, что гнилостные бактерии обладают меньшим осмотическим давлением, чем молочнокислые бактерии. При подсушивании корма в нем приостанавливаются гнилостные процессы, но продолжают действовать возбудители молочнокислого брожения.

Физиологическая сухость субстрата – это превышение водоудерживающей силы растений над сосущей силой микробов (А. М. Михин, 1973). Ряд микроорганизмов с низким осмотическим давлением на этих растениях развиваться не могут. Развиваются только осмофилы – плесени, дрожжи и молочнокислые бактерии.

Консервирование подвяленных трав происходит не за счет органических кислот, образующихся при естественном сбраживании микроорганизмами сахаров, а благодаря «физиологической сухости» растений.

По мере снижения влажности в растительной массе повышается концентрация веществ в клеточном соке, в результате увеличивается водоудерживающая (осмотическая) сила клеток (табл. 5.1).

Таблица 5.1. Водоудерживающая сила клеток

Влажность, %	Водоудерживающая сила клеток, атм
60	30–38
50	50–55
40	70–72
15	250–300

Максимальное осмотическое давление (сосущая сила) большинства бактерий составляет 50–52 атм, а плесеней – 200–250 атм.

Таким образом, при влажности сенажируемой массы около 50 % содержащиеся в ней вода и питательные вещества становятся недоступными для большинства микроорганизмов (за исключением молочно-кислых бактерий).

Сенаж по своим свойствам ближе к зеленой массе, чем обычный силос. Это пресный корм, его кислотность соответствует величине рН 4,7–5,2, в нем почти полностью сохраняется сахар, в то время как у силоса он превращается в органические кислоты.

При указанной влажности растений интенсивно развиваться может лишь плесень. Плесени являются строгими аэробами, поэтому непременным условием приготовления сенажа является надежная изоляция его от воздуха. Оставшийся в консервируемой массе воздух быстро используется на дыхание еще живыми клетками растений, и все свободное пространство между частицами измельченного корма заполняется углекислым газом.

Таким образом, для приготовления доброкачественного сенажа необходимо выполнить два условия:

- 1) снизить влажность растительной массы до 45–55 %;
- 2) создать строгие анаэробные условия, чтобы предотвратить развитие гнилостных бактерий и плесневых грибов.

Тем не менее технология приготовления сенажа основана не только на физических, но и на микробиологических процессах, которые протекают медленнее, чем в силосе. В силосе максимальное количество микроорганизмов накапливается уже к 7-му дню, а в сенаже их численность достигает максимума только на 15-й день, т. е. молочнокислое брожение в сенаже протекает значительно слабее, чем при силосовании, и зависит от влажности и вида консервируемого сырья. Поэтому показатель рН в сенаже выше, чем в силосе, и колеблется от 4,4 до 5,6. Количество молочнокислых бактерий в сенаже в 4–5 раз меньше, чем в силосе. В связи с этим в сенаже, по сравнению с силосом, содержится больше неиспользованного сахара. Так, если в силосе весь сахар превращается в органические кислоты, то в сенаже сохраняется около 80 % сахара. В результате создания неблагоприятных условий для развития микрофлоры в консервируемом корме, исключения утечки сока и механических потерь листьев и соцветий при заготовке и хранении сенажа общие потери питательных веществ в сенаже не превышают 13–17 %. Таким образом, сенаж совмещает в себе положительные качества сена и силоса.

В отличие от силоса сенаж, имея низкую влажность, не замерзает, что упрощает его выгрузку и скармливание животным. Сенаж можно заготавливать из всех трав, так как не имеет значения, в отличие от силоса, сколько в траве содержится легкоусвояемых углеводов и к какой группе по силосуемости относятся эти растения.

5.3. Физиологические и микробиологические процессы при производстве и хранении сена

Сушка – старый и наиболее распространенный способ консервирования зеленой массы и других кормов (зерно, солома). Суть этого процесса заключается в том, что при сушке микробиологические процессы в корме приостанавливаются из-за удаления из него свободной воды, которая составляет большую часть имеющейся в корме влаги. Так, если в свежей траве содержится 70–80 % влаги, то в сене – всего 12–16 %. Оставшаяся в корме вода представляет собой связанную воду и не может поддерживать развитие микроорганизмов. Таким образом, задача сушки – удаление избыточной воды из корма с наименьшей потерей органических веществ. При сушке число жизнедеятельных микроорганизмов, находящихся на поверхности кормов, постепенно уменьшается, но, тем не менее, в них всегда можно найти большее или меньшее число эпифитной и сапропфитной микрофлоры, попавшей из воздуха и почвы. Размножение сапропфитной микрофлоры в результате повышения влажности приводит к заметному повышению температуры. Это повышение температуры, связанное с жизнедеятельностью микроорганизмов, получило название «термогенез».

Сено готовят из скошенных трав, которые имеют влажность 70–80 % и содержат большое количество свободной воды. Такая вода создает благоприятные условия для размножения эпифитной микрофлоры, вызывающей гниение травы. Высушивание травы до влажности 12–17 % приостанавливает микробиологические процессы, что прекращает разрушение высущенных растений.

После высушивания в сене сохраняется большое количество эпифитной микрофлоры, но так как при этом нет условий для размножения этих микроорганизмов, то они находятся в анаэробическом состоянии. При попадании воды на высушенное сено деятельность микроорганизмов начинает активизироваться, что приводит к повышению температуры до 40–50 °C и выше. При самонагревании растительной массы происходит четко выраженная смена микрофлоры. Сначала в

греющейся массе размножаются мезофильные бактерии. С повышением температуры на смену им приходят термофилы, способные развиваться при температуре до 75–80 °С. Обугливание растительной массы начинается с температуры около 90 °С, при такой температуре микроорганизмы прекращают свою деятельность, дальнейшие процессы протекают химическим путем. Образуются горючие газы – метан и водород, которые адсорбируются на пористой поверхности обуглившихся растений, вследствие чего может произойти самовоспламенение. Воспламенение происходит лишь при наличии воздуха и в недостаточно уплотненной растительной массе.

Микроорганизмы используют не всю энергию потребленных ими питательных веществ, избыток энергии выделяется в окружающую среду, главным образом в виде тепла. Чем выше температура согревающегося корма, тем ниже его качество.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства : учеб. пособие / Г. И. Баздырев, А. Ф. Сафонов, Ю. М. Андреев [и др.]. – М. : Инфра-М, 2016. – 723 с.
2. Жолик, Г. А. Технология переработки растительного сырья : учеб. пособие : в 2 ч. / Г. А. Жолик, Н. А. Козлов. – Горки : БГСХА, 2004. – Ч. 1. – 204 с.
3. Жолик, Г. А. Технология переработки растительного сырья : учеб. пособие : в 2 ч. / Г. А. Жолик, Н. А. Козлов. – Горки : БГСХА, 2004. – Ч. 2. – 140 с.
4. Киселёв, А. А. Технологии хранения и переработки продукции растениеводства. Курс лекций : учеб.-метод. пособие / А. А. Киселёв, В. А. Рылко. – Горки : БГСХА, 2021. – 185 с.
5. Малин, Н. И. Технология хранения зерна : учеб. / Н. И. Малин. – М. : КолосС, 2005. – 280 с.
6. Манжесов, В. И. Технология хранения растениеводческой продукции : учеб. пособие / В. И. Манжесов, И. А. Попов, Д. С. Щедрин. – М. : КолосС, 2005. – 392 с.
7. Мелихов, А. А. Хранение и переработка плодов и овощей : учеб. пособие / А. А. Мелихов. – Минск : Ураджай, 2000. – 73 с.
8. Пилипюк, В. Л. Технология хранения зерна и семян : учеб. пособие / В. Л. Пилипюк. – М. : Вуз. учб., 2009. – 457 с.
9. Поморцева, Т. И. Технология хранения и переработки плодовоощной продукции. Учебник : учеб. пособие / Т. И. Поморцева. – 2-е изд., стер. – М. : ИЦ «Академия», 2003. – 136 с.
10. Романова, Е. В. Технология хранения и переработки продукции растениеводства : учеб. пособие / Е. В. Романова, В. В. Введенский. – М. : РУДН, 2010. – 185 с.
11. Смирнов, В. П. Заготовка, хранение и реализация картофеля, плодов и овощей / В. П. Смирнов. – М. : Агропромиздат, 1990. – 366 с.
12. Технология переработки растениеводческой продукции : учеб. / Н. М. Личко, В. Н. Курдина, Е. М. Мельников [и др.]. – М. : КолосС, 2008. – 583 с.
13. Технология хранения, переработки и стандартизация продукции растениеводства : учеб. пособие / Г. А. Жолик, С. И. Будай, М. М. Волков [и др.] ; под ред. Г. А. Жолика. – Минск : ИВЦ Минфина, 2014. – 575 с.
14. Трисвятский, Л. А. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов : учеб. / Л. А. Трисвятский, Б. В. Лесик, В. Н. Курдина. – 4-е изд. – М. : Агропромиздат, 1991. – 416 с.
15. Цык, В. В. Технология хранения и переработки продукции растениеводства : курс лекций / В. В. Цык. – Горки : БГСХА, 2013. – 196 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Тема 1. ВВЕДЕНИЕ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА.....	3
1.1. Содержание предмета, его цель и задачи.....	3
1.2. Продукция растениеводства как объект хранения.....	4
1.3. Влияние биотических и абиотических факторов на сохранность продукции растениеводства.....	6
1.4. Принципы хранения продукции растениеводства и переработки растительного сырья	10
1.5. Виды потерь растениеводческой продукции и борьба с ними.....	14
Тема 2. БИОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ХРАНЕНИИ И ПЕРЕРАБОТКЕ ЗЕРНА И СЕМЯН	17
2.1. Характеристика зерна и семян как объектов хранения	17
2.2. Физиологические процессы, происходящие в зерне при хранении.....	20
2.3. Влияние микроорганизмов на сохранность зерна и семян.....	23
2.4. Влияние вредителей на сохранность зерна и семян.....	25
2.5. Микробиология продуктов переработки зерна: крупа, мука, хлеб.....	27
Тема 3. БИОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ХРАНЕНИИ И ПЕРЕРАБОТКЕ КАРТОФЕЛЯ И КОРНЕПЛОДОВ.....	35
3.1. Характеристика картофеля и корнеплодов как объектов хранения.....	35
3.2. Лежкость картофеля и корнеплодов	39
3.3. Физиологические процессы, происходящие в картофеле и корнеплодах при хранении.....	40
3.4. Влияние микроорганизмов на сохранность картофеля и корнеплодов	45
3.5. Процессы, происходящие в корнеплодах сахарной свеклы при хранении	50
Тема 4. БИОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ХРАНЕНИИ И ПЕРЕРАБОТКЕ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ.....	52
4.1. Характеристика плодов и овощей как объектов хранения.....	52
4.2. Факторы сохраняемости плодовоовощной продукции	54
4.3. Физиологические процессы, происходящие в плодах и овощах при хранении	58
4.4. Влияние микроорганизмов на сохранность плодов и овощей	64
4.5. Влияние насекомых, клещей, нематод на сохранность плодовоовощной продукции	66
4.6. Классификация методов переработки и консервирования плодовоовощной продукции	70
Тема 5. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ХРАНЕНИИ КОРМОВ	72
5.1. Микробиологические процессы при производстве и хранении сilage	72
5.2. Физиологические и микробиологические процессы при производстве и хранении сенажа.....	77
5.3. Физиологические и микробиологические процессы при производстве и хранении сена	80
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	82

Учебное издание

**Горновский Андрей Анатольевич
Киселёв Александр Аркадьевич
Цыркунова Ольга Александровна**

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ
ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

КУРС ЛЕКЦИЙ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Н. Н. Пьянусова*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*
Корректор *Е. В. Ширазиева*

Подписано в печать 17.11.2025. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 4,88. Уч.-изд. л. 4,47.
Тираж 60 экз. Заказ .

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичуринская, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.
Ул. Мичуринская, 5, 213407, г. Горки.