

И. А. Рогов, А. И. Жаринов,  
Л. А. Текутьева, Т. А. Шепель

# БИОТЕХНОЛОГИЯ МЯСА И МЯСОПРОДУКТОВ

Курс лекций



ДЕЛИ  
ПРИНТ

**И. А. Рогов, А. И. Жаринов,  
Л. А. Текутьева, Т. А. Шепель**

## **БИОТЕХНОЛОГИЯ МЯСА И МЯСОПРОДУКТОВ**

### **Курс лекций**

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов России по образованию в области технологии сырья и продуктов животного происхождения в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированного специалиста 260300 «Технология сырья и продуктов животного происхождения» специальности 260301 – «Технология мяса и мясных продуктов» и по специальности 240902 «Пищевая биотехнология»

**Москва  
ДeЛи прeнт  
2009**

УДК 637.5  
ББК 36.92  
Р59

*Рецензенты:*

д-р биол. наук, проф. Т.К. Каленик  
(Тихоокеанский государственный экономический университет);  
д-р техн. наук, проф. В.М. Дацун  
(Морской государственный университет им. М. Невельского);  
д-р техн. наук, проф. Т.М. Бойцова  
(Владивостокский государственный университет экономики и сервиса)

- Рогов И.А. и др.**  
**P59** Биотехнология мяса и мясопродуктов: курс лекций / И.А. Рогов, А.И. Жаринов, Л.А. Текутьева, Т.А. Шепель. – М.: ДеЛи-принт, 2009. – 296 с.

ISBN 978-5-94343-204-0

В книге изложены материалы по биотехнологии мяса и колбасных изделий. Даны сведения о строении и составе тканей мяса, биохимических изменениях, происходящих в мясе после убоя животных. Рассмотрены основные этапы технологического процесса производства мясопродуктов. Данна характеристика структурообразователей (гидроколлоидов), рассмотрена возможность их использования в биотехнологии мяса.

Издание предназначено для студентов, обучающихся по специальностям «Технология мяса и мясопродуктов», «Пищевая биотехнология». Может быть полезным аспирантам и специалистам, работающим в мясоперерабатывающей отрасли.

УДК 637.5  
ББК 36.92

ISBN 978-5-94343-204-0

© И.А. Рогов, А.И. Жаринов,  
Л.А. Текутьева, Т.А. Шепель, 2009  
© Оформление. ООО «ДеЛи принт», 2009

## **Введение**

Современный уровень развития науки о питании позволяет сделать вывод о том, что пища является одним из главных факторов, определяющих состояние здоровья населения. В соответствии с данными экспертов ФАО/ВОЗ, в зависимости от национально-региональных особенностей, здоровье населения на 10–15% определяется наследственностью, на 10–20% – экологической ситуацией, на 10–15% уровне развития системы здравоохранения. Остальные 50–70% зависят от образа жизни, важнейшим слагаемым которого является питание, определяемое количественным содержанием и качественным составом потребляемых человеком нутриентов.

Правильное (здравое) питание должно удовлетворять физиологические потребности организма человека в пищевых веществах и энергии, обеспечивать его нормальный рост и развитие; способствовать профилактике заболеваний и продлению жизни; повышать работоспособность и создавать условия для адекватной адаптации к окружающей среде.

Особенно актуально это для России, находящейся в сложной демографической (сокращение численности населения, увеличение доли пожилых и больных людей), социальной (рост городского населения, изменение характера труда, расслоение общества по уровню доходов), экономической (спад производства, ограниченность продовольственных ресурсов, жесткая конкуренция на рынке продуктов питания) и экологической обстановке.

В этих условиях, несмотря на дефицит отечественного сырья, в мясной отрасли России формируется и реализуется на практике новая идеология производства продуктов здорового питания, происходит пересмотр традиционно сложившихся принципов переработки

сырья и обеспечения биологической безопасности пищевых продуктов. Растут объемы производства и потребления, на промышленных предприятиях постоянно расширяется и обновляется ассортимент (в настоящее время достигающий 18 тыс. наименований), идет активный поиск путей повышения глубины переработки имеющихся сырьевых ресурсов, интенсификации и совершенствования технологических процессов, внедряются новые виды белковых препаратов, пищевых и функционально-технологических добавок.

В условиях конкурентной борьбы производителей за рынок, а также с учетом перспективы вхождения России в ВТО многократно возросла ответственность технologа как за обеспечение выпуска продукции с устойчивыми качественными показателями и гарантированным уровнем биологической безопасности, так и за экономическую эффективность производства.

В связи с тем, что мясное сырье представляет собой многокомпонентную, многофункциональную биологически-активную систему, при принятии правильного производственно-технологического решения необходимо учитывать множество факторов, обладать способностью объективно оценивать состав, свойства и биотехнологический потенциал сырья, ингредиентов и функционально-технологических добавок, понимать механизм и взаимосвязи разнообразных процессов, уметь эффективно использовать имеющиеся химико-технологические средства для управления качеством готовой продукции.

Материалы, изложенные в данной работе, призваны (в дополнение к базовому учебнику по дисциплине) расширить у студентов современные научно-практические представления о составе и свойствах мясного сырья, сущности основных физико-химических, биохимических, биологических и комбинированных процессов, используемых в технологии мясопродуктов; способах регулирования качественных характеристик и технологических показателей готовой продукции, принципах повышения эффективности использования мясного сырья, ингредиентов и пищевых добавок в технологии мясопродуктов.

В состав пособия вошли лекции курса «Биотехнология мяса и мясопродуктов» по наиболее актуальным темам и направлениям.

## ЛЕКЦИЯ 1

### СОСТАВ, СВОЙСТВА И СТРУКТУРА МЯСА

Мясо – скелетная мускулатура с костями скелета. Это многокомпонентная система, в состав которой входят мышечная, соединительная, жировая, костная и частично хрящевая, нервная ткани и кровь. Соотношение тканей в мясе и его химический состав зависят от вида, возраста, пола, породы, упитанности животного (рис. 1.1), характера его откорма, а также от топографического расположения мяса на туше. В среднем мясо содержит (в %): мышечной ткани – 50–60, жировой – 3–20, соединительной – 9–14, костной – 15–22.

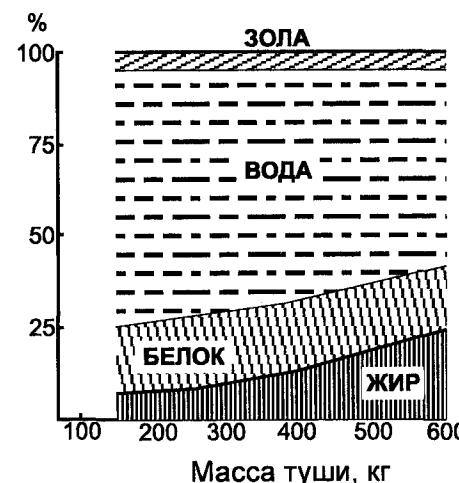


Рис. 1.1. Изменение содержания воды, белка, жира и золы в говядине в зависимости от массы туши

**Мышечная ткань**, являющаяся основным источником белковых веществ, представляет собой сочетание мышечных клеток (волокон) с неклеточной структурой, объединенных рыхлой соединительной тканью в пучки разного размера. Содержание мышечной ткани (в %): в говядине – 49–68, баранине – 46–65, в свинине – 36–64.

Главная часть мяса – скелетная мускулатура – по морфологическому строению представляет собой поперечно-полосатую мускулатуру, основу которой составляет мышечное волокно (рис. I\*).

Мышечные волокна объединяются в пучки разного размера соединительно-тканными образованиями различного строения. Мускулы окружены соединительноткаными чехлами – эпимизией. С внутренней части эпимизия тянутся соединительно-тканые перегородки-тяжи, которые объединяют мышечные волокна в пучки и называются перимизием. Соединительно-тканые оболочки из рыхлой, неоформленной соединительной ткани, окружающей мышечные волокна, называются эндомизием. Компонентами соединительной ткани являются коллагеновые и эластиновые волокна, а также жировые клетки. Прочность соединительной ткани предопределяет консистенцию и нежность мяса, а наличие жировых клеток – его «мраморность».

Мышечное волокно – своеобразная большая многоядерная клетка вытянутой формы (длина 12–34 см, диаметр 10–100 мкм).

Диаметр волокна различен, он увеличивается с возрастом животного и зависит от уровня прижизненной механической нагрузки; наиболее крупный диаметр волокон у говядины и у мяса водоплашающей птицы.

Мышечное волокно (рис. II) состоит из эластичной оболочки – сарколеммы; тонких продольных структур – миофибрилл; ядер; митохондрий; рибосом; лизосом; саркоплазмы, составляющей 35–40% объема, в которой находятся другие элементы.

Сарколемма имеет сложную структуру и состоит из двух слоев: внутреннего (мембрана толщиной 0,1 мкм) и внешнего (густая сеть из коллагеновых и эластиновых волокон). Специфической особенностью ее является то, что к ней примыкают мышечные волокна. Сарколемма – это мембрана с избирательной проницаемостью для молекул углеводов, жирных кислот, аминокислот и белков. Проницаемость регулируется нервной деятельностью и осмотическим давлением.

Миофибриллы – активные сократительные элементы мышечного волокна (60–65% объема волокна). В миофибриллах чередуются

\* Римскими цифрами пронумерованы рисунки на цветных вклейках.

темные и светлые полосы, создающие картину поперечной исчерченности. В поляризационном микроскопе темные участки (анизотропные диски – А) имеют двойное лучепреломление, а светлые (изотропные диски – I) не обладают этим свойством. Оптическая неоднородность этих участков обусловлена их разным строением и белковым составом.

Саркомер – основной участок миофибрилл, ограниченный линиями – мембранными Z (рис. III). Несколько саркомеров составляют миофибриллу.

A-зона при растяжении составляет 1,6 мкм, H-зона – 1,0 мкм. Толстые нити построены из молекул белка миозина, их толщина 170 Å, длина ~450 нм. Тонкие нити построены из молекул белка актина, их диаметр 58 нм.

Толстые и тонкие нити соединены поперечными мостиками через 429 и 143 нм. В сокращенном состоянии происходит сближение тонких нитей и втягивание миозина, при этом длина саркомеров уменьшается на 20–50%. Акт сокращения связан с превращением химической энергии в механическую работу.

Усредненный химический состав мышечного волокна: вода – 72–76%, белок – 18–22% (в том числе белки миофибриллярные – 10–12%, саркоплазматические – 5–7%, соединительнотканые – 2–4%); жира и гликогена по 0,8–1,0%, минеральных веществ и азотистых соединений – около 2% (рис. 1.2).

Основой мышечной ткани и мышечного волокна являются белки. Видовой, фракционный и химический состав белков предопределяет как уровень пищевой и биологической ценности сырья и готовой продукции, так и их основные функционально-технологические свойства. Наиболее выраженными функционально-технологическими свойствами (набухаемость, растворимость, водо-, жirosвязывающая способность, гелеобразующая, эмульгирующая способность, адгезия, когезия и т. п.) обладают, как правило, миофибриллярные белки.

В зависимости от вида и биологической функции белки, входящие в состав мышечного волокна, подразделяются на нерастворимые, ограниченно растворимые и растворимые.

#### Белки миофибрилл

**Миозин** – соле-, водорастворимый белок, составляет примерно 54% (включая 4 фракции) от общего количества всех мышечных белков; молекулярная масса 470000, длина молекул – 1600 Å; самая крупная – полипептидная цепь состоит из 1800 кислотных остатков.

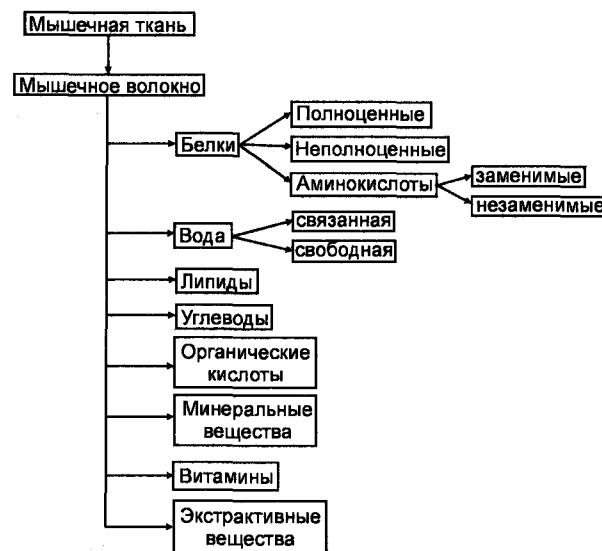


Рис. 1.2. Общий химический состав мышечного волокна

Установлено, что молекула миозина представляет собой двухспиральную структуру и имеет утолщение на конце в виде головки (глобулы). Каждая из спиралей построена из двух полипептидных цепей. В свою очередь, эти цепи свернуты вокруг оси в виде двойной  $\alpha$ -спирали. Эти спирали входят в А диски, причем в каждой толстой молекуле миозина содержится 18 молекул белка миозина. Глобулярная головка миозина участвует в образовании мостиков при соединении с актином и, кроме того, проявляет ферментативную активность. Молекулы миозина легко взаимодействуют между собой.

Миозин способен соединяться с актином, образуя сложный комплекс актомиозин, и с аденоциантифосфорной кислотой (АТФ); его ферментативная аденоциантифосфатазная (АТФ-азная) активность зависит от наличия в молекуле свободных  $-SH$  групп. При этом миозин катализирует распад АТФ, в результате чего выделяется энергия, используемая при осуществлении акта мышечного сокращения:



АТФ-азная активность миозина регулируется наличием солей кальция, магния и величиной pH среды.

Миозин – важнейший полноценный и функционально-технологический белок. Имеет критическую концентрацию гелеобразования (ККГ), равную 0,3%; ограниченно гидратируется при низких кон-

центрациях соли, образуя вязкие растворы; при содержании поваренной соли 6–7% – растворим; кальций зависим: при содержании солей кальция 0,001–0,04 моль – агрегирует и выпадает в осадок. Температура денатурации находится в интервале 45–50 °C. При нагреве миозин коагулирует, образуя плотные гели. Изоэлектрическая точка – при величине pH 5,4. Молекулы миозина имеют выраженную ферментативную активность, легко взаимодействуют между собой и актином, обладают высокой гелеобразующей, водосвязывающей и эмульгирующей способностями. Функциональные свойства миозина максимально проявляются при pH = 6 и более, при температуре в интервале от –8 °C до +8 °C, при концентрации поваренной соли 5–7%.

**Актин** составляет 12–15% от общего количества миофибриллярных белков. Существуют две формы актина: глобулярная (Г-форма) с молекулярной массой 41000 и фибриллярная (Ф-форма) с молекулярной массой 140 000.

В нативном состоянии актин находится в Ф-форме. В присутствии АТФ и солей калия и магния возможен его переход в Г-форму и обратно.

Нить Ф-актина представляет собой двухспиральную структуру, причем каждая спираль – это цепочка из 200–300 глобул-бусинок Г-актина.

Актин – водорастворимый, полноценный белок, чувствителен к изменениям pH и ионного состава среды. Температура денатурации 50–55 °C; изоэлектрическая точка соответствует pH 4,7. Осаждается в присутствии солей кальция; под действием ионов щелочных и щелочноземельных металлов, а также при замораживании переходит в фибриллярную форму в результате линейной агрегации молекул.

**Актомиозин** – комплексный белок (2/3 миозина + 1/3 актина), в основном проявляет свойства, аналогичные свойствам миозина.

Актомиозиновый комплекс, вызывающий акт сокращения мышц, образуется при наличии ионов кальция ( $\text{Ca}^{++}$ ), стимулирующих АТФ-азную активность миозина, а также в присутствии АТФ:



При образовании актомиозиновой молекулы миозин прикрепляется своими головками – глобулами – к бусинкам двойной спирали актина, а хвостовая его часть располагается в виде спирали вдоль оси актомиозина; в образовании комплекса участвуют  $-SH$ -группы миозина и оксигруппы актина (на этом принципе основано явление посмертного окоченения). Актомиозин взаимодействует с солями и АТФ; при концентрации 0,4% АТФ и в присутствии триполифосфата

натрия актомиозин полностью диссоциирует на актин и миозин. Актомиозин нерастворим в воде, но растворим в солевых растворах высокой концентрации, при этом чем больше в нем актина, тем выше должна быть концентрация соли. При разбавлении растворов актомиозина осаждается; температура денатурации 42–50 °С; молекулярная масса 1 600 000–3 900 000.

**Тропомиозин** растворим в воде, молекулярная масса – 53 000, изоэлектрическая точка – при величине pH 5,1; молекула состоит из двух полипептидных цепей ассиметричной формы. Между цепями одна дисульфидная связь. Цепи образованы белками тропомиозином-Б и тропонином, регулирующими чувствительность актомиозина к кальцию ( $\text{Ca}^{++}$ ).

Тропомиозин – неполнценный белок (отсутствует триптофан); устойчив к денатурации, не осаждается при нагревании до 100 °С при pH 6,3.

В миофibrillaх тропомиозин находится в изотропных дисках в области Z-мембран.

**Тропонин** – молекулярная масса – 86 000, белок связывает ионы  $\text{Ca}^{++}$  и инициирует АТФ-азную активность, образует комплекс с тропомиозином.

**α- и β-актинины** – белки, которые регулируют взаимодействие Ф-актина с тропомиозином, влияют на состояние иона  $\text{Ca}^{++}$ .

#### Белки саркоплазмы

**Миоген** составляет около 20% всех белков мышечной ткани и представляет собой комплекс глобулярных соле- и водорастворимых фракций миогенов А, В и С; полноценный (содержит все незаменимые аминокислоты), изоэлектрическая точка находится в пределах pH 6,0–6,57. Температура денатурации 55–66 °С. Фракции А (мол. масса 150 000) и В (81 000), обладают ферментативными функциями. Значение критической концентрации гелеобразования (ККГ) миогена составляет 20–30%.

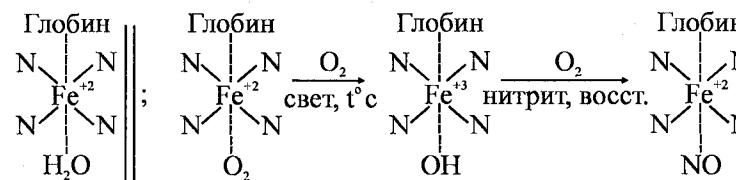
**Глобулин-X** составляет 10–20% общего количества белков мышечной ткани. Белок глобулярный, нерастворим в воде, но хорошо растворим в 1–1,5% растворах поваренной соли; изоэлектрическая точка – при величине pH 5,2. Белок полноценный, денатурирует при температуре 50 °С.

**Миоальбумин** составляет около 1–2% белковых веществ мышечного волокна, водорастворимый, полноценный. Изоэлектрическая точка находится в пределах pH 3–3,5. Температура денатурации 45–47 °С.

**Миоглобин** составляет около 1% общего количества белков мышечной ткани, водорастворимый, температура денатурации 60 °С. Миоглобин окрашивает мышцы в красный цвет (миоглобин – 90%, гемоглобин крови – 10%). Миоглобин – комплексный белок, состоящий из простетической группы гема-комплекса порфирина с железом и глобина – полноценного белка с молекулярной массой 17000.

Миоглобин легко соединяется с газами ( $\text{O}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ), что придает мясу различную окраску.

При контакте с кислородом воздуха образуется оксимиоглобин, который при длительном воздействии кислорода воздуха переходит в метмиоглобин коричневого цвета.

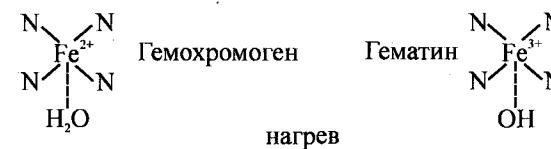


Миоглобин - Mb; Оксимиоглобин - MbO<sub>2</sub> → Метмиоглобин - MetMb → Нитрозомиоглобин - NO-Mb  
(Пурпурно-красный цвет) (Коричнево-бурый цвет) (Красно-коричневый цвет)

При взаимодействии оксимиоглобина с оксидом азота образуется нитрозомиоглобин, имеющий красный цвет. Это свойство используется для сохранения окраски при технологической обработке мяса.

При тепловой обработке происходит отщепление белка-глобина и образуются гемохромогены и гематины, придающие мясу серовато-коричневый оттенок. Введение нитрита натрия в мясо способствует образованию нитрозомиоглобина, который при денатурации глобина в процессе варки переходит в нитрозогемохромоген, придающий красную окраску вареным изделиям.

При окислении железа образуется гематин:



NO-миоглобин → глобин + NO-гемохромоген

В состав саркоплазмы также входят нуклеопротеиды и миопротеиды, содержащие рибонуклеиновую кислоту.

Почти все белки мышечной ткани являются полноценными. При 45–68 °С денатурирует основная часть белковых веществ. Очень важной характеристикой белков является их растворимость: саркоплазматические белки вымываются водой; миофibrillлярные

могут переходить в растворы солей средней концентрации и высасываются при насыщении.

Изменение состояния актина и миозина влияет на консистенцию мяса и гидрофильность системы.

**Экстрактивные вещества**, извлекаемые из мышечной ткани водой, подразделяют на азотистые и безазотистые.

**Азотистые экстрактивные вещества** – вещества небелковой природы, содержащие азот. Они влияют на вкус, аромат, запах мяса, легко экстрагируются. Карнозин (дипептид), карнитин, ансерин (метилизованный карнозин), креатин, креатинин при жизни животного участвуют в обмене веществ и энергии; их содержание варьирует от 0,02 до 0,6%. Из прочих азотистых небелковых веществ наиболее важны фосфорсодержащие – АТФ, АДФ, АМФ, креатин-фосфат, инозинмонофосфорная кислота (продукт дезаминирования АМФ), гипоксантин, глутатион.

В мясе также содержатся свободные аминокислоты (глутаминовая кислота и треонин), мочевина, аммонийные соли.

**Безазотистые экстрактивные вещества.** К ним относятся гликоген (углевод), продукты его распада (молочная кислота). Гликоген – важнейший энергетический материал, который накапливается при отдыхе и расходуется при работе мышц. Уровень содержания гликогена в мясе различен (от 0,3 до 2,0%). В свинине гликогена меньше, чем в говядине.

Уровень гликогена меняется в зависимости от условий откорма, содержания скота, техники убоя. Содержание гликогена снижается у утомленных, голодных животных, при их переохлаждении, первом перенапряжении, стрессах, передозировке электрического тока при оглушении. В результате послеубойных изменений концентрация молочной кислоты в мясе таких туш остается на низком уровне, что приводит к снижению его устойчивости к действию микроорганизмов.

Углеводы, образующиеся при распаде гликогена, содержат карбоксильную группу [-C=O] и могут вступать в реакцию меланоидинообразования с аминокислотами, вызывая неферментативное покоричневение мяса (особенно в присутствии глюкозы и рибозы). Кроме того, глюкоза и рибоза обладают свойствами восстановителей и участвуют в реакции цветообразования. В результате накопления молочной кислоты величина pH сдвигается в кислую сторону, что оказывает существенное влияние на состояние белков и их функционально-технологические свойства.

**Липиды мышечной ткани.** Липиды входят в состав структурных элементов мышечного волокна – миофибрилл, клеточных мембран и прослоек. Одна часть липидов – к ним относят фосфолипиды, глицерофосфолипиды – является пластическим материалом, другая часть липидов играет роль резервного энергетического материала и находится в митохондриях, в межклеточном пространстве, между пучками мышц. К ним относятся в основном триглицериды. В состав фосфолипидов входят кефалин и лецитин (лецитина в 1,5 раза больше, чем кефалина). Количество фосфолипидов колеблется в зависимости от вида мышц и мяса (табл. 1.1).

### 1.1. Содержание фосфолипидов в различных видах мяса, %

Вид мяса	Длиннейшая мышца	Бедро
Говядина	0,54	0,62
Свинина	0,55	0,80
Баранина	0,7	0,7
Куры	0,56	0,93

Помимо фосфолипидов, в мышечной ткани содержатся стерин (холестерин), стериоиды (мг/%): в говядине – 52, свинине – 49, баранине – 66.

В состав фосфолипидов и триглицеридов входят жирные кислоты, причем 90% из них с четным числом углеродных атомов (от C<sub>14</sub> до C<sub>18</sub>). Соотношение непредельных (ненасыщенных) и насыщенных жирных кислот в составе триглицеридов предопределяет температуру плавления и пластичность жиров. Образование в процессе гидролиза триглицеридов летучих жирных кислот (уксусной, пропионовой, валериановой и др.) оказывает существенное влияние на вкус и ароматические характеристики мяса и мясопродуктов.

**Белки стромы** входят в состав сарколеммы и соединительнотканых оболочек, окружающих мышечные волокна. Основными белковыми компонентами являются коллаген и эластин. В межклеточном веществе мышечной ткани содержатся муцины и мукопротеиды.

**Ферменты мышечной ткани** при жизни катализируют аэробные и анаэробные процессы, влияют на ход гликогенолиза, окисление жирных кислот, протеолиза.

### 1.2. Содержание витаминов в мышечной ткани различных видов животных, мг %

Вид витаминов	Говядина	Баранина	Свинина
B <sub>1</sub> (тиамин)	0,10–0,23	0,20–0,30	0,6–1,4
B <sub>3</sub>	0,4–1,0	0,6–1,2	1,2–2,0

**Витамины.** В мышечной ткани мало жирорастворимых витаминов A, D, E, K, однако много витаминов группы B (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>) (табл. 1.2).

При технологической обработке большая часть

витаминов (в первую очередь водорастворимых), как правило, разрушаются под действием воды, кислорода, воздуха, света, температуры.

**Минеральные вещества мышечной ткани.** Катионы натрия ( $\text{Na}^+$ ), калия ( $\text{K}^+$ ), кальция ( $\text{Ca}^{++}$ ), магния ( $\text{Mg}^{++}$ ), связанные с анионами и белками, регулируют биохимические процессы, поддерживают осмотическое давление, влияют на гидратацию белков мяса, на развитие автолиза ( $\text{Ca}^{++}, \text{Mg}^{++}$ ). Железо ( $\text{Fe}^{++}$ ) входит в состав миоглобина. Микроэлементы – медь ( $\text{Cu}$ ), кобальт ( $\text{Co}$ ), цинк ( $\text{Zn}$ ), никель ( $\text{Ni}$ ) входят в состав ферментных систем.

Следует отметить, что в связи с широким использованием промышленных методов выращивания животных, изменениями в их генотипе, применением модифицированных рационов кормления за последние 30–40 лет количественное содержание микро-, макроэлементов (особенно железа и кальция) в мясном сырье резко (в 1,5–2 раза) сократилось, в связи с чем возникла необходимость обогащения ряда мясных продуктов, включая мясные изделия функционального назначения, минерально-витаминными комплексами.

**Соединительная ткань** состоит из аморфного межклеточного вещества, тончайших волокон и клеток. Соединяет различные части организма, принимает участие в передаче механических усилий. В зависимости от свойств и строения различают собственно соединительную, хрящевую и костную ткани.

Соединительная ткань характеризуется значительным количеством межклеточного вещества, которое имеет гомогенную структуру и большое количество мукополисахаридов. Основу соединительной ткани составляют эластиновые, ретикулиновые и коллагеновые волокна, причем преобладают последние (рис. 1.3).

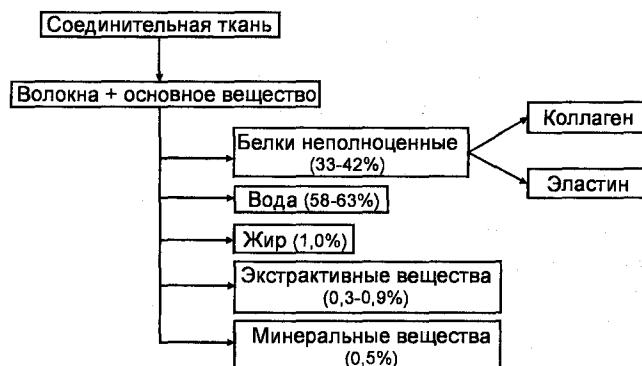


Рис. 1.3. Химико-морфологический состав соединительной ткани

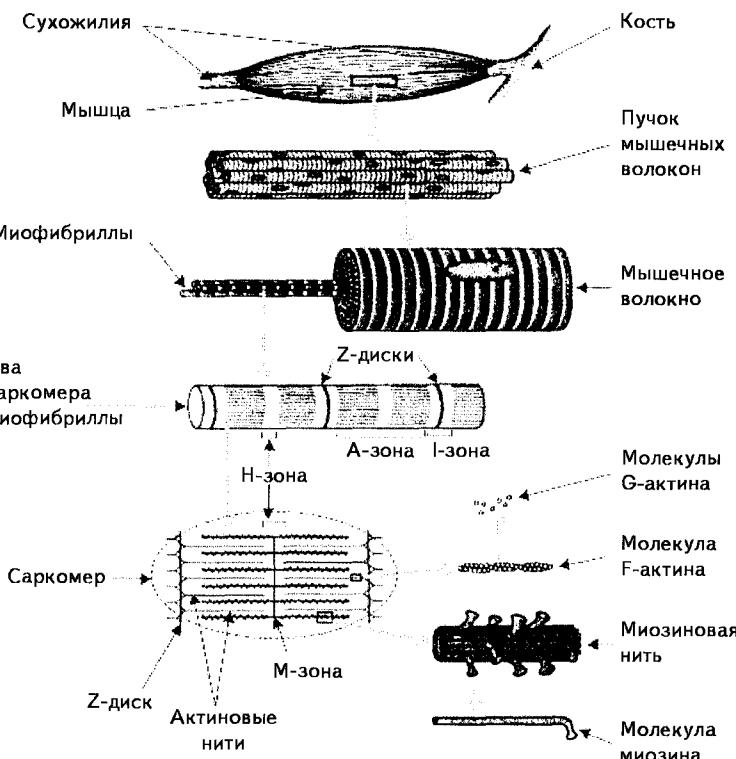


Рис. I. Схематическое строение мышечной ткани

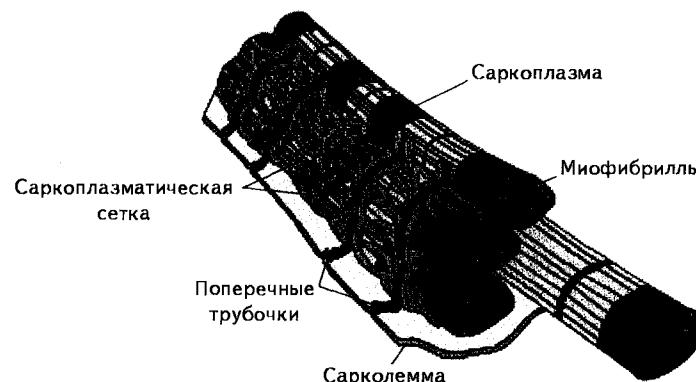


Рис. II. Мышечное волокно

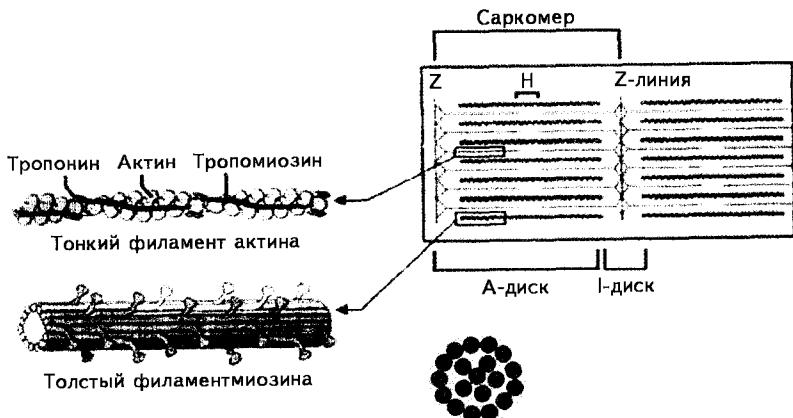


Рис. III. Поперечный разрез миофибриллы

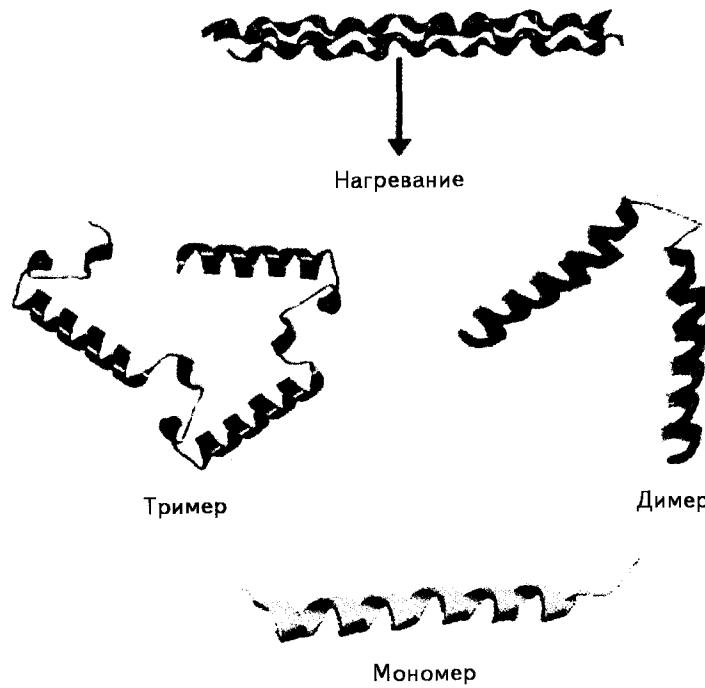


Рис. IV. Схема процесса тепловой денатурации коллагена в желатин

Коллагеновые волокна (рис. 1.4) состоят из фибрилл — макромолекул коллагена (тропоколлагена). С помощью электронной микроскопии установлено, что молекула коллагена состоит из трех полипептидных цепей, которые образуют спиральную систему, являющуюся структурной единицей коллагена (рис. 1.5). Ее длина — 2800 Å; диаметр — 14 Å. Эти единицы носят название протофибрилл коллагена и имеют поперечную исчерченность.

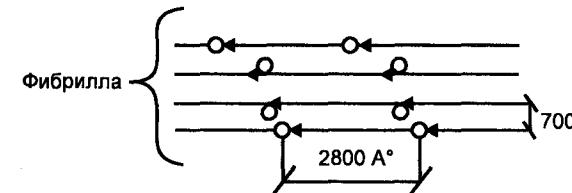


Рис. 1.4. Структурная единица коллагена



Рис. 1.5. Структура коллагена

Протофибриллы укладываются в определенном порядке и образуют фибриллы. Каждая полипептидная цепь имеет молекулярную массу 1200 (у тропоколлагена — 3600), причем полипептидная цепочка включает 1000 кислотных остатков.

Третичную структуру коллагена — тропоколлаген — образуют волоконца протофибрилл и пучок фибрилл. Благодаря ступенчатому строению они создают картину поперечной исчерченности. Специфика строения коллагена определяет его высокую механическую прочность, которая обусловлена взаимодействием между отдельными полипептидными цепочками за счет ковалентных связей.

Химический состав коллагеновых волокон представлен на рис. 1.6.

**Характеристика белков соединительной ткани.** Нативный коллаген нерастворим в воде и растворах нейтральных солей; в воде набухает, особенно при pH 5–7, многократно (в 3 раза) увеличиваясь в объеме. Выдержка коллагена в слабых растворах кислот и щелочей повышает степень его гидратации. Под воздействием нагревания коллаген денатурирует и гидролизуется до глютина, желатоз и желатина, которые обладают выраженной набухаемостью, водоудерживающей и гелеобразующей способностями (рис. IV).



**Рис. 1.6.** Химический состав коллагеновых волокон

Глютин легко расщепляется протеолитическими ферментами.

Характер изменения коллагена при тепловой обработке мясных продуктов влияет на консистенцию, водосвязывающую способность, выход готовых изделий.

Эластин – фибрillлярный белок, нерастворим в воде и других растворителях, химически очень устойчив, не изменяется при нагревании до 100 °C, гидрофильные свойства практического значения не имеют. Эластин не расщепляется трипсином и химотрипсином, медленно гидролизуется пепсином при величине pH 2. Под воздействием эластаз подвергается расщеплению с выделением белка, мукополисахаридов.

**Ретикулиновые волокна** входят в состав костного мозга, селезенки, легких. Ретикулин состоит из тонких поперечно-исчерченных фибрилл, как и коллаген. Является неполноценным белком, содержит оксипролин и пролин. Ретикулин – сложный белок, его простетическая группа – полисахарид. Ретикулин плохо набухает в воде, устойчив к нагреванию, щелочам, кислотам.

**Жировая ткань** – разновидность рыхлой соединительной ткани, в которой находятся жировые клетки. Диаметр жировой клетки – 120 мкм. В этих клетках протоплазма и ядро отнесены к периферии.

Химический состав жировой ткани представлен на рис. 1.7.

Белки в жировой ткани представлены коллагеном и эластином.

Высокая пищевая ценность жира обусловлена его калорийностью, присутствием жирорастворимых витаминов, высоконенасыщенных жирных кислот.

Жиры – смесь триглицеридов с примесями фосфатидов, стеридов, витаминов, пигментов, азотистых веществ, воды. Свойства триг-

лицеридов определяются составом и соотношением входящих в них жирных кислот.



**Рис. 1.7.** Химический состав жировой ткани

Насыщенные жирные кислоты – пальмитиновая, стеариновая, арахилловая, миристиновая. Содержание в различных видах жира ненасыщенных жирных кислот – олеиновой (одна двойная связь), линолевой (две двойные связи), линоленовой (три двойные связи), арахидоновой (четыре двойные связи) представлено в табл. 1.3.

### 1.3. Содержание ненасыщенных жирных кислот в различных видах жира, %

Вид жира	Ненасыщенные жирные кислоты		
	олеиновая	линолевая	арахидоновая
Бараний	36–43	3–4	0,3
Говяжий	43–44	2–5	0,09–0,20
Свиной	41–51	3–11	2,0
Куриный	37–43	18–23	0,3

Чем больше в жире ненасыщенных жирных кислот, тем более выражены мазеобразные свойства консистенции. Уровень усвоемости жира зависит от степени его эмульгирования, скорости расщепления до свободных жирных кислот, температуры плавления и составляет, %: свиного жира – 96–98, говяжьего – 94, бараньего – 86. В жире обнаруживаются низкомолекулярные летучие жирные кислоты (ЛЖК) – масляная, капроновая, каприловая, лауриновая и др. (в сумме 12–15%). Кроме ЛЖК, в состав жира входят:

- фосфатиды – лецитин, кефалин (~ 0,012–0,035%); они являются хорошими эмульгаторами, легко окисляются и выполняют роль синергистов антиокислителей; разрушаются при нагреве;
- стерины – холестерин, который является исходным материалом для образования витамина D;
- липохромы – пигменты окраски: каротин – провитамин А и ксантофил, имеющий желтый цвет. Больше всего липохромов содержится в говяжьем и костном жирах. Пигменты являются одновременно естественными антиокислителями, так как каротин, например, имеет 11 двойных связей;
- витамины – жирорастворимые витамины А (до 1,4 мг/%), Е (0,6–2,5 мг/%), D и K (0,2–0,6 мг/%);
- азотистые вещества представлены белками эластином и коллагеном.

**Физические свойства жира.** Консистенция жира может быть твердой (бараний, говяжий), мазеобразной (свиной, птичий) и жидкой; чем больше ненасыщенных жирных кислот в жире, тем более жидкая у него консистенция. Плотность жира составляет 915–960 кг/м<sup>3</sup>.

Жиры – смесь триглицеридов, поэтому у них нет единой точки плавления. За точку плавления принимают верхний предел температуры плавления. Жир имеет три кристаллические формы: α, β, γ; α- и γ-формы со временем переходят в β-форму, которая является наиболее устойчивой.

Температура плавления жиров зависит:

- от вида (говяжий – 40–50 °C; свиной – 28–40 °C; бараний – 44–55 °C; конский – 30–43 °C; гусиный – 26–34 °C; коровье масло – 28–30 °C);
- от анатомического расположения жира (внутренний жир имеет более низкую температуру плавления);
- от упитанности, пола животного (у жира самцов – более высокая температура плавления);
- от вида откорма (при кормлении животного сеном температура плавления жира выше);
- от климатических условий (у животных, обитающих на юге, жир более мягкий).

Температура застывания жира несколько ниже температуры его плавления. Например, у говяжьего жира температура плавления составляет 40–50 °C, а температура застывания – 34–38 °C.

Поскольку температуру застывания жира трудно определить, то чаще всего определяют температуру застывания свободных жирных

кислот, которые выделяют из жира. Этот показатель называют титром жира.

Вязкость жира превышает вязкость воды. При 60 °C вязкость говяжьего жира в 42 раза выше вязкости воды. Это играет большую роль при расчете диаметра и конфигурации труб для перекачки жира, при прессовании шквары.

**Растворимость жиров.** Жир – вещество неполярное и плохо растворяется (всего 0,5%) в полярных жидкостях (воде). В них происходит коалесценция, т. е. разделение фаз. Однако, в присутствии эмульгаторов – веществ дифильного строения – системы «жир–вода» можно превратить в относительно устойчивые эмульсии первого или второго рода («вода в жире», «жир в воде»).

В практике колбасного производства в качестве эмульгаторов, как правило, рассматривают низкомолекулярные поверхностно-активные вещества (лецитин, фосфолипиды, ди-, моноглицериды) и высокомолекулярные (миофibrillлярные белки, соевые и молочно-белковые препараты).

Использование диспергирования, ультразвуковых и гидроимпульсных воздействий, загустителей и стабилизаторов повышает стабильность получаемых эмульсий.

Процесс эмульгирования является основным в колбасном производстве.

Обычно используемые водожировые эмульсии содержат 50–63% воды, 18–34% жира и 9–10% белка.

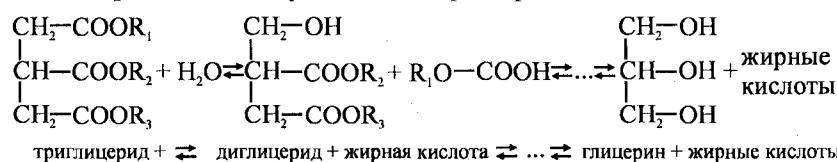
Значение эмульсий:

- качество готовых колбасных изделий зависит от уровня термодинамической устойчивости гетерогенных мясных эмульсий, которыми является большая часть колбасных фаршей;
- жиры лучше усваиваются, повышается пищевая ценность колбас. Жир растворяется в органических растворителях: хлороформе, 4-хлористом углероде, эфирах и т. п. В спиртах жир растворяется только при повышенных температурах.

В жире могут растворяться газы (10–12%). Растворение в жире углекислого газа (CO<sub>2</sub>) увеличивает стойкость жира при хранении. Окисление жира кислородом воздуха приводит к его порче.

**Химические свойства жиров** определяются наличием эфирной связи между радикалом глицерина и радикалами жирных кислот, а также наличием двойных связей в самих радикалах кислот, поэтому жиры легко изменяются в процессе производства и хранения. Окисление происходит за счет присоединения кислорода к радикалам жирных кислот, а гидролитическое расщепление – за счет присоединения воды (гидролиз) по эфирной связи.

Гидролиз носит ступенчатый характер:



Присоединение галогенов ( $I_2$ ,  $Cl$ ) и, в частности, водорода – гидрогенизация (отвердение маргаринов) – осуществляется по месту двойных связей.

Гидролиз ускоряется в присутствии воды, при температуре выше  $100^\circ\text{C}$ , в присутствии липазы (особенно в кишечном сырье при температуре  $37^\circ\text{C}$ ), в присутствии щелочей и кислот. Щелочь с жиром образует мыла, которые являются эмульгаторами. Серная кислота ( $H_2SO_4$ ) ускоряет процесс гидролиза за счет образования тио-жирных кислот. На скорость гидролиза влияет степень диспергирования и присутствие ионов  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Fe}^{++}$ .

Развитие гидролиза имеет как положительное, так и отрицательное значение. Положительное: накопление свободных жирных кислот повышает эмульгирующую способность жира, что позитивно влияет на процесс получения мясных эмульсий в колбасном производстве; кроме того, чем больше степень гидролиза, тем лучше жир усваивается в организме. Отрицательное значение гидролиза: ускоряется процесс окисления жира. Полный гидролиз происходит при кислотном числе выше 20. Кислотное число – качественный показатель жира.

Кислотное число (1,2–2,0) характеризуется количеством (в  $\text{cm}^3$ ) 0,1 н раствора  $\text{NaOH}$ , пошедшего на титрование свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира.

**Переэтерификация жира** – это процесс перераспределения радикалов жирных кислот между отдельными глицеридами или внутри одной молекулы одного и того же глицерида. Переэтерификация изменяет физические свойства жира, позволяет повысить его качество, увеличив долю тугоплавких глицеридов с последующим их отделением.

Переэтерификация производится как без катализаторов (при температуре  $250^\circ\text{C}$ , при этом имеет малую скорость и сопровождается распадом эфиров), так и с катализаторами (серная кислота, щелочи, некоторые метилы и др.) при  $100$ – $120^\circ\text{C}$  под вакуумом или в инертном газе. При этом жир не должен содержать воды и свободных жирных кислот во избежание их взаимодействия с катализаторами.

По характеру протекания процесса переэтерификацию подразделяют на направленную и ненаправленную.

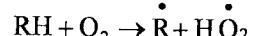
Направленную переэтерификацию производят при температуре немного ниже точки плавления жира. Образующиеся в процессе переэтерификации полностью насыщенные глицериды выпадают из реакции в осадок, что направляет ход реакции переэтерификации в сторону образования насыщенных глицеридов. В результате в жире возрастает количество тринасыщенных и триненасыщенных глицеридов, а количество смешанных – уменьшается. Направленную переэтерификацию применяют для улучшения состава жира.

Ненаправленную переэтерификацию проводят в жидкой среде. При этом происходит равномерное перераспределение кислотных радикалов между молекулами глицеридов и внутри них. При такой переэтерификации образование молекул полностью насыщенных глицеридов возможно лишь в том случае, когда доля насыщенных кислот превышает  $2/3$ . При ненаправленной переэтерификации при достижении равновесного состояния всегда будет одно и то же среднестатистическое распределение кислотных радикалов. Ненаправленную переэтерификацию применяют для улучшения структуры свиного жира и для получения новых жировых продуктов из различных комбинаций животных и растительных жиров.

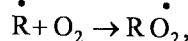
Переэтерифицированный жир используют в кондитерском и пекарном производстве.

**Окисление жиров** происходит за счет реакции присоединения кислорода воздуха к свободным активным радикалам  $R$ , появляющимся в жире в результате воздействия энергии.

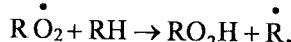
Реакция носит цепной характер. Механизм процесса окисления происходит на углеводородной цепочке, т. е. радикале жирной кислоты:



$\text{RH}$  – радикал жирной кислоты;  $\dot{\text{R}}$  – активный радикал.



$\dot{\text{R}}\text{O}_2$  – свободный радикал.



$\text{RO}_2\text{H}$  – гидроперекись.



и т. д.  
 $\dot{\text{R}}\text{O}$  и  $\dot{\text{OH}}$  – свободные радикалы.

Как правило, начальный период окисления характеризуется образованием  $\text{ROOH}$  – гидроперекисей. В процессе последующего окисления при температуре до  $50^{\circ}\text{C}$  образуются также альдегиды  $\text{R}-\text{OH}$  и кетоны  $\text{R}_1-\text{C}(=\text{O})-\text{R}_2$ . В этом случае кислород присоединяется к углеродному атому по соседству с двойной связью, а не по месту двойной связи.

При температурах выше  $50^{\circ}\text{C}$  происходит присоединение  $\text{O}_2$  по месту двойных связей и образуются  $\text{R}_1-\text{CH}(\text{O})-\text{CH}(\text{O})-\text{R}_2$  – циклические перекиси, а при температурах выше  $170\text{--}300^{\circ}\text{C}$  –  $\text{R}_1-\text{CH}(\text{O})-\text{CH}(\text{O})-\text{R}_2$  – эпоксидные соединения.

Ускорение окисления происходит в присутствии: кванта света, ионизирующего излучения, электрического разряда, повышенных температур, наличия свободных жирных кислот и перекисей, катализирующих процесс солей металла. О ходе окисления судят по перекисному числу, которое выражают количеством граммов йода, вытесняемого из йодида калия ( $\text{KI}$ ) перекисями, содержащимися в 100 граммах жира.

При значениях перекисных чисел (п. ч., % I) больше 0,1 жир не пригоден в пищу. В реальных технологических условиях в течение первых 3–9 ч после убоя животных в жире происходят малые изменения, и перекисное число практически не меняется. Этот период называют индукционным ( $\tau_{\text{инд}}$  – продолжительность хранения), ч (рис. 1.8).

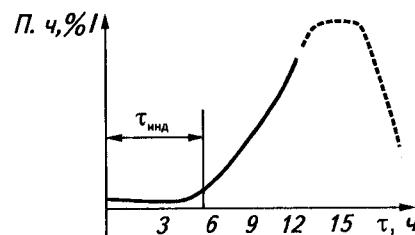


Рис. 1.8. Изменение перекисного числа в зависимости от времени хранения

Индукционный период связан с наличием в жире естественных антиокислителей, которые какое-то время связывают кислород воздуха. После окончания индукционного периода происходит резкое увеличение значений перекисного числа, накопление карбонильных и эпоксидных соединений.

На более поздних стадиях из альдегидов образуются низкомолекулярные кислоты, и поэтому при увеличении кислотного числа значения перекисного числа снижаются.

В зависимости от температуры хранения жира окисление может проходить двух направлениях:

- прогоркание – при положительной температуре в жирах накапливаются низкомолекулярные продукты (альдегиды, кетоны), появляется прогорклый вкус и резкий неприятный запах;
- осаливание – при отрицательной температуре в жирах накапливаются оксикислоты типа  $\text{R}_1-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{R}_2$ , появляется специфический запах, исчезает окраска.

Зашита от окисления:

- соблюдение оптимальных условий производства (низкие температуры хранения сырья и готового жира; использование вакуума, инертных газов);
- добавление антиокислителей, удлиняющих индукционный период.

Антиокислители подразделяются на:

- естественные (каротин, токоферол, лецитин);
- синтетические (бутилокситолул, бутилоксианизол, гвайковая смола, пропилгаллат).

Эфирные масла, содержащиеся во многих специях и пряностях, также обладают антиокислительным действием.

Некоторые антиокислители реагируют с активным радикалом  $\text{RO}_2$ , связывают его и прерывают цепную реакцию. Вводят антиокислители в количестве  $\sim 0,02\text{--}0,1\%$ .

Для оценки эффективности антиокислителей применяют коэффициент стабильности  $K_c$ :

$$K_c = \frac{\tau_{\text{инд}} \text{ с антиокислителем}}{\tau_{\text{инд}} \text{ без антиокислителя}},$$

где  $\tau_{\text{инд}}$  – продолжительность индукционного периода.

Требования к антиокислителям: высокий коэффициент стабильности, отсутствие влияния на цвет, вкус и запах жира, отсутствие вредного физиологического действия (для пищевых жиров), устойчивость к нагреванию, экономичность и т. д.

Синергисты – органические вещества, усиливающие действие антиокислителей. Механизм их действия не совсем ясен. К синергистам относятся: фосфатиды (лецитин и кефалин – 0,075–0,01%), полифосфаты, аскорбиновая, лимонная, щавелевая, молочная, фосфорная кислоты (0,01%). Антиокислители и синергисты не только вводят в пищевые жиры, но и применяют при производстве сырокопченых и сыровяленых колбас.

**Костная ткань.** Костная ткань наряду с костным мозгом и надкостницей входит в состав костей, являясь разновидностью соединительной ткани. Состоит из органической основы и минеральной части. В состав костной ткани входят костные клетки – остеоциты – и межклеточное вещество, содержащее большое количество минеральных веществ. Минеральные вещества пропитывают волокна и образуют пластины. В зависимости от расположения пластин различают плотный и губчатый слои кости. Плотный слой – поверхностный – образован параллельно расположенными пластинами. В губчатом слое пластины расположены в различных плоскостях. В основе пластин – коллагеновые волокна.

В зависимости от соотношения плоских и губчатых слоев в составе костей, их подразделяют на несколько групп:

- трубчатые (кости конечностей);
- плоские (кости черепа, лопаток, ребра);
- сложного профиля (рядовая кость, позвонки).

Химический состав костной ткани (в %): вода – 13,8–44,4, коллаген – 32–32,8, минеральные вещества – 28–53, липиды – 1,3–26,9. Органическая основа кости образована в основном коллагеном (93%). При обработке слабыми кислотами можно удалить минеральные вещества и получить эластическую органическую основу кости – оссейн.

Минеральные вещества костной ткани представлены главным образом солями кальция:  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  – 70–85%,  $\text{CaCO}_3$  – 10%, а также некоторым количеством солей магния, фосфора, натрия, калия, железа (1,5–2%). Жир входит в состав самой кости, но большая часть его находится в костном мозге. Химический состав костного мозга (в %): вода – 4–13, жир – 84–95, белок – 1,0–2,5. Жирные кислоты костного мозга имеют низкую температуру плавления.

В желтом костном мозге содержатся: пальмитиновая (7–5%), стеариновая (14%), олеиновая (78%) кислоты.

В костный мозг входят: триглицериды (99,1%), фосфатиды (0,2%), холестерин (0,3%), лецитин – (0,18%), витамины  $\text{B}_{12}$ ,  $\text{B}_6$ , фолиевая кислота. В губчатом веществе также имеется красный мозг, содержащий 99,5% триглицеридов.

В состав мясной туши входит следующее количество кости (в %): КРС – 16–24, свиньи – 12, куры – 10–14, гуси – 14.

После обезжикивания кость направляют на производство желатина или кормовой муки; полученный жир используют на пищевые или технологические цели (глицерин, смазочные масла).

**Хрящевая ткань.** Хрящи состоят из сильно развитого аморфного межклеточного (основного) вещества, в котором встречаются клетки, тонкие волокна, жир, гликоген. Различают хрящи: гиалиновый (стекловидный), волокнистый (соединительнотканный), эластический (ушная раковина), состоящий из эластиновых волокон.

Химический состав хрящевой ткани (в %): вода – 40–70, органические вещества – 28, в том числе белки – 17–20, липиды – 3–5, гликоген – 1,0, минеральные вещества – 2–10.

Наиболее важными компонентами основного вещества хрящей являются хондромукоид, мукополисахариды (хондроитинсерная кислота), коллаген.

Хрящи используют в производстве желатина и клея, кормовой муки, при изготовлении медицинского препарата «Хонсурид» и белково-коллагеновых эмульсий в технологии колбасных изделий.

**Кровь** – жидкая ткань животного организма. Содержание крови у животных к массе (в %): КРС и МРС – 7,6–8,3, свиньи – 4,5–6,0, птица – 8,1, лошади – 9,8.

В процессе обескровливания туши КРС собирают 4,5%, МРС – 4,2%, свиней – 3,5% крови. Остальная кровь остается в мясной туще и органах, свертываясь в развитой капиллярной кровеносной системе. На мясокомбинатах 70–75% крови собирается полыми ножами.

Химический состав крови, полученной от различных животных, представлен в табл. 1.4, химико-морфологический состав – на рис. 1.9.

#### 1.4. Химический состав крови, %

Компоненты	КРС	МРС	Свиньи
Вода	81	82	79
Белок	17	16	19
Органические небелковые вещества	1	1	1
Минеральные вещества	1	1	1
Липиды	0,3–0,4	0,3–0,4	0,3–0,4

Так как на долю белковых веществ приходится 90% сухого остатка (в том числе 60% – на долю гемоглобина), кровь является ценным животным сырьем. Растворимые белки крови содержат  $\text{Fe}^{+++}$  и  $\text{Cu}^{++}$ .

Физические свойства крови:

- плотность ( $\text{kg/m}^3$ ): цельная кровь – 1052–1060, эритроциты – 1090, плазма – 1034, фибрин – 800;
- вязкость (пуаз): цельная кровь – 5,0, сыворотка – 1,9, дефибринированная кровь – 3,5, эритроциты – 30.

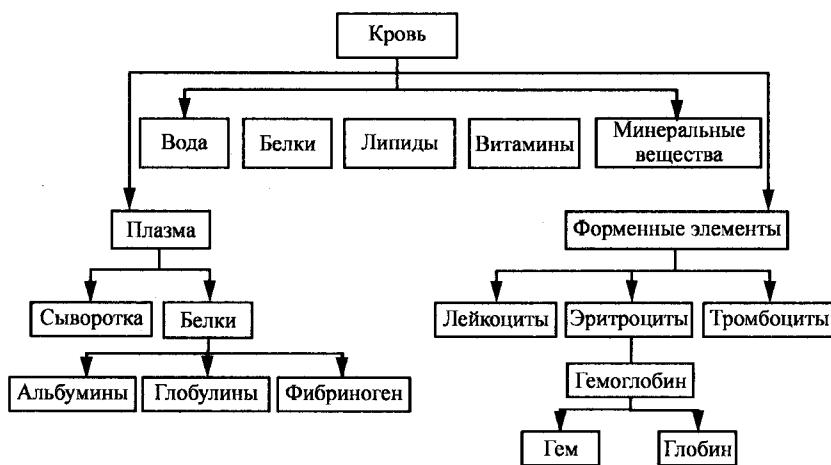


Рис. 1.9. Химико-морфологический состав крови

Оsmотическое давление крови поддерживается растворимыми в ней солями  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{KCl}$  и белками плазмы.

Величина pH: КРС – 7,3–7,5, МРС – 7,4–7,82, свиньи – 7,85–7,95.

Величина pH также поддерживается мощными буферными системами:

- карбонатной  $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{NaHCO}_3$ ;
- fosfатной  $\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ;
- белковой (плазмы) Н-белок/На-белок;
- гемоглобиновой Н-Н $\ddot{\text{b}}$ /К-Н $\ddot{\text{b}}$ .

После извлечения крови возможно смещение величины pH в кислую сторону за счет развивающихся гликолитических процессов.

Криоскопическая точка крови  $-0,6 \div -0,8^\circ\text{C}$ .

Кровь состоит из плазмы и форменных элементов (табл. 1.5).

### 1.5. Морфологический состав крови, %

Животные, от которых получают кровь	Плазма	Форменные элементы
КРС	63	37
МРС	72	28
Свиньи	56	44

Разделение крови на плазму и форменные элементы производится центрифугированием (сепарированием).

Химический состав плазмы (в %): вода – 90–91, сухой остаток – 9–10, в том числе: белок – 7,5, липиды – 0,32, минеральные вещества – 0,85–0,87. Белки плазмы подразделяются на три фракции: фибриноген, альбумины, глобулины (табл. 1.6).

ва – 0,85–0,87. Белки плазмы подразделяются на три фракции: фибриноген, альбумины, глобулины (табл. 1.6).

### 1.6. Содержание белков в плазме, полученной от различных видов животных, %

Белки	КРС	МРС	Свиньи
Фибриноген	7,9	6,2	8,5
Альбумины	48,2	46,2	30,6
Глобулины	43,9	47,5	60,9

**Фибриноген** – полноценный водорастворимый белок с молекуллярной массой 330 000; легко переваривается протеазами. При свертывании крови фибриноген переходит в нерастворимую форму фибрин, который имеет вид длинных фибрилл, т. е. происходит процесс полимеризации.

Температура денатурации фибриногена  $50^\circ\text{C}$ . Фибриноген хорошо растворяется в растворах нейтральных солей и в щелочах, осаждается сернокислым аммонием и поваренной солью.

**Сывороточные альбумины** – полноценные белки, растворяются в воде и солевых растворах средней концентрации, легко взаимодействуют с другими белками, липидами, углеводами, что связано с наличием в молекуле альбумина 55  $\epsilon$ -аминогрупп лизина, тиоловых и карбоксильных групп.

**Сывороточные глобулины** – смесь  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -фракций глобулинов, которые, в свою очередь, подразделяются на подфракции. Глобулины – полноценные водорастворимые белки.

В крови (в плазме) из всех фракций преобладает  $\gamma$ -глобулин (21,6–32,4% к общему количеству белков), который содержит антитела, обладающие защитными иммунологическими свойствами.

Кроме этих белков, в плазме присутствуют липопротеиды, гликопротеиды, металлоконъюгаты белков – трансферрин, церулоплазмин.

В плазме также содержатся: ферменты – протромбин, участвующий в свертывании крови; протеиназы, гидролизующие пептидные связи аминокислот; протеолитические ферменты; липаза; фосфатаза. Липиды плазмы содержат: нейтральные жиры и продукты их распада (глицерин и жирные кислоты) 0,09–0,19%; лецитин; кефалин; липопротеиды (комpleксы белков и липидов); холестерин.

Небелковые азотистые вещества плазмы: промежуточные – пуриновые основания, аминокислоты, полипептиды и конечные продукты азотистого обмена – мочевина, креатинин, билирубин, аммонийные соли и другие соединения.

Азот этих соединений (остаточный азот) в плазме составляет 0,02–0,03%. Чем больше остаточного азота, тем больше степень гнилостного распада белка.

В плазме находятся все витамины группы В, витамины А, С, D, Е, К, пантотеновая кислота, рибофлавин, а также гормоны – инсулин, адреналин, гормоны гипофиза и половых желез. Минеральные вещества плазмы представлены хлоридами: натрия, калия, кальция, магния, карбонатом натрия, фосфатом натрия и др. Содержатся в плазме также микроэлементы: железо, йод, медь, цинк, кобальт и другие.

Красная окраска крови обусловлена наличием гемоглобина в эритроцитах крови. Окраска плазмы зависит от содержания пигментов: билирубина, биливердина, уробилина, липохромов и лютеинов. Биливердин (зеленый цвет) и билирубин (золотисто-желтый цвет) содержатся в крови в количестве 0,2–0,5 мг% и являются продуктами распада гема. Уробилин – продукт окисления билирубина. Липохромы – пигменты группы каротиноидов. Лютеины – растительные пигменты – поступают в организм с пищей в виде каротина и ксантофилла.

У КРС сыворотка крови – красно-желтого цвета за счет большого количества каротинов и ксантофиллов; а у свиней – желтая, почти бесцветная, так как в ней этих пигментов мало.

**Форменные элементы крови:** эритроциты, лейкоциты и тромбоциты. При выдергивании крови в спокойном состоянии и в отсутствии антикоагулянтов форменные элементы осаждаются. В производственных условиях форменные элементы отделяют от плазмы сепарированием.

**Эритроциты.** Наиболее важная их функция в организме – транспортировка кислорода и питательных веществ. Выделяют их путем гемолиза. В эритроцитах содержится (в %): воды – 62,6–59,2, гемоглобина – 30,3–32,7, прочих белков – 6,4–7,8, органических веществ – 0,8–1,8, минеральных веществ – 0,7–1,0. Свыше 80% белков эритроцитов приходится на долю гемоглобина. Гемоглобин – сложный белок, состоящий из белковой части глобина и простетической группы – гема. Молекулярная масса 68 000.

Гем является комплексным соединением протопорфирина и железа. Железо в геме находится в центральном ядре. Каждый из четырех атомов железа в молекуле гемоглобина способен соединяться с двумя атомами кислорода, и образуется оксигемоглобин ( $Mb-O_2$ ). При взаимодействии с  $CO_2$  образуется карбоксигемоглобин ( $Mb-CO$ ); при дальнейшем взаимодействии с  $O_2$  оксигемоглобин  $Mb-O_2$  переходит в мет-форму  $OH-Mb$ , метгемоглобин, у которого трехвалентное железо связано с кислородом главной валентностью. В крови

имеется свыше 30 различных форм гемоглобина – А, F, S, H, C, D, E и т. д. Глобин – белковый компонент гемоглобина – не содержит изолейцина, и поэтому его относят к неполноценным белкам. При нагревании глобин легко денатурирует и отделяется от гема, в результате чего увеличивается чувствительность гема к окислению. В эритроцитах имеются также гормоны, витамины, минеральные вещества (хлористый калий), липиды.

**Лейкоциты и тромбоциты.** Эти фракции изучены недостаточно хорошо. Лейкоциты – глобулы, содержащие белки, ферменты, углеводы. Лейкоциты обладают фагоцитарной активностью. Тромбоциты – образования, которые при изъятии крови быстро разрушаются, они участвуют в механизме свертывания крови.

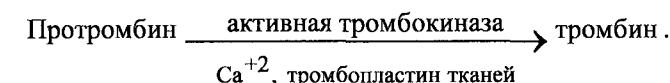
**Свертывание крови.** После убоя животного и изъятия крови из кровеносных сосудов она свертывается через несколько минут: КРС – в течение 6,5–10, свиней – 3,5–5, овец – 4–8, лошадей – 11,5–15, птицы – 1.

В процессе свертывания крови и образования фибринового сгустка участвуют белки и ионы кальция ( $Ca^{++}$ ). Весь процесс протекает в несколько этапов:

1. Образование тромбопластина (тромбокиназы).

Тромбопластин тромбоцитов (неактивный) +  $Ca^{++}$  → активная тромбокиназа (полный тромбопластина).

2. Образование тромбина.



3. Превращение фибриногена в фибрин.



В присутствии ионов кальция  $Ca^{++}$  молекулы фибрлина – мономера начинают соединяться друг с другом с образованием трехмерной белковой сети, а затем и сгустка. Агрегация идет за счет неполярных, водородных связей и ионных групп.

**Стабилизация крови.** Для предотвращения или замедления свертывания кровь стабилизируют путем исключения из реакции или нарушения активности одного из компонентов системы свертывания крови.

К стабилизаторам (антикоагулянтам) крови относят:

- физиологические антикоагулянты, которые снижают активность тромбина, тромбопластина, образуя с ними неактивный

обратимый комплекс. К ним относят гепарин (5 мг/%), анти-тромбин, антитромбопластин. Срок стабилизации при температуре 4 °C составляет две недели;

- нефизиологические стабилизаторы, которые связывают ион кальция  $\text{Ca}^{+2}$  и прерывают реакцию свертывания. К ним относятся: щавелевокислый калий, лимоннокислый натрий, пирофосфаты, сульфаты, лимонная кислота 0,2% концентрации. Кроме того, катионы магния и бериллия угнетают активность тромбопластина. Хлористый натрий угнетает тромбин и тормозит превращение фибрин-мономеров в фибрин-полимер, его применяют при использовании крови на пищевые цели. Кровь КРС при добавлении хлористого натрия не свертывается в течение 24 ч, свиней – 10 ч;
- синтетические стабилизаторы – синантрин-130. Его действие похоже на действие гепарина.

**Консервирование крови.** Кровь – хорошая среда для развития микроорганизмов. Под действием микроорганизмов происходит гнилостный распад белков, гемолиз, изменение окраски. Для предотвращения развития микроорганизмов применяют хлористый натрий или фиброзол (смесь 30% ортофосфата, 30% пирофосфата натрия и 40% хлористого натрия). Для пищевой крови эти консерванты являются одновременно и стабилизаторами крови; для технических целей кровь консервируют крезолом, фенолом, аммиаком. Кровь также консервируют замораживанием, введением бензоата натрия (1 г/л); нитрата натрия (0,02%), пирофосфата натрия (5 г/л); ультрафиолетовыми лучами.

**Дефибринирование крови.** Как правило, дефибринирование производят с целью получения белков сыворотки крови. В этом случае кровь не стабилизируют и после свертывания удаляют из нее сгустки фибриногена. Возможные остатки фибриногена отделяют отстаиванием или сепарированием. При сепарировании стабилизированной цельной крови получают плазму и форменные элементы, а при сепарировании дефибринированной крови – сыворотку и форменные элементы.

**Гемолиз** – процесс разрушения эритроцитов и переход гемоглобина в плазму. При этом плазма приобретает ярко-красный цвет.

Различают гемоглобинолиз – переход в плазму лабильно связанныго гемоглобина, и строматолиз – переход в плазму значительной частиочно связанного гемоглобина. Причина гемоглобинолиза – пониженное осмотическое давление плазмы и частичный разрыв оболочки эритроцитов.

Строматолиз наступает при полном разрушении поверхностного слоя эритроцитов за счет воздействия органических растворителей, поверхностно-активных веществ, механических воздействий и т. д.

**Использование крови.** По биологической ценности кровь занимает одно из первых мест среди белковых продуктов. Кровь и ее фракции содержат полноценные белки.

Но не все белки крови равноценны. В плазме по сравнению с гемоглобином больше таких незаменимых аминокислот, как триптофан, метионин и изолейцин. В составе гемоглобина нет изолейцина, но много других незаменимых кислот. Наиболее ценным белком по аминокислотному составу является фибриноген, в нем много триптофана, фенилаланина, метионина и лейцина. Таким образом, использование стабилизированной крови и плазмы позволяет получить белковые продукты высокой пищевой ценности. Кроме того, в крови животных содержатся фосфолипиды и витамины, особенно витамин А.

При нагреве фракции крови денатурируют неодинаково (температура денатурации от 50 °C до 75 °C). Скорость денатурации белков резко возрастает при сдвиге величины pH в кислую сторону.

Использование крови и ее фракций на пищевые, медицинские, кормовые цели зависит, от какого вида животных и птицы она получена, от состояния их здоровья на момент убоя, а также от санитарно-гигиенических условий сбора крови.

#### 1. Использование крови на пищевые цели:

- стабилизированную жидкую либо сухую кровь, или форменные элементы применяют в качестве пищевого красителя при производстве колбасных изделий и мясопродуктов (дозировка от 0,3 до 1,2%);
- цельную кровь используют при производстве кровяных колбас и зельцев. К массе крови добавляют 2,5% поваренной соли и 0,01% нитрита натрия, кипятят в течение 40–60 мин. Выход вареной крови 98%. В куттер к массе сырья добавляют 30–50% вареной крови;
- при производстве вареных колбас применяют жидкую и высушеннную плазму, а также светлую пищевую сыворотку в качестве заменителя части мясного сырья (от 3 до 16%);
- высушеннную плазму крови используют как ингредиент (в совокупности с коллагенсодержащими и молочно-белковыми препаратами, каррагинанами и др.) в составе многокомпонентных функциональных добавок;

- производят белковый обогатитель. К обезжиренному молоку (85%) прибавляют стабилизированную кровь (15%), нагревают, перемешивают, охлаждают, отделяют жидкую часть. Иногда добавляют 3–6% поваренной соли и 45–60% сахара. Получают белковый обогатитель в сухом, свежем или замороженном виде. Вводят в рецептуры варенных колбас в количестве 8%, в паштеты и пасту – до 25%.
- светлый альбумин, белки сыворотки, высушенные в распылительных сушилках, применяют вместо яичного белка в кондитерской и хлебобулочной промышленности.

### *2. Использование крови на медицинские цели*

Из цельной крови получают препараты – гем, сыворотки для переливания крови, кровезаменители; гидролизаты для парентерального питания (гидролизин); фибринные пленки (пластический материал при ожогах и язвах); гематоген для лечебно-профилактического питания; используют кровь при приготовлении питательных сред для микроорганизмов.

### *3. Использование крови на кормовые цели*

Из непищевой крови, непригодной для пищевых и медицинских целей, производят кровяную кормовую муку для сельскохозяйственных животных и птиц.

### *4. Использование крови на технические нужды*

Из непищевой крови получают черный технический альбумин (клей); стабилизаторы красок в текстильной и кожевенной промышленности; пенообразователи (в огнетушителях).

## ЛЕКЦИЯ 2

### ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА, СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ МЯСА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

#### Автолитические изменения мяса

После прекращения жизни животного состав и свойства тканей изменяются. Это приводит к существенным и принципиальным изменениям технологических свойств мяса и его пищевой ценности.

Автолиз – самораспад прижизненных систем мяса.

После убоя животного в мясе:

- прекращается поступление кислорода и отсутствуют окислительные превращения;
- приостанавливаются процессы синтеза и выработка энергии;
- происходит накопление в тканях конечных продуктов обмена, так как они не уносятся с кровью;
- идет самораспад систем регулирования обменных процессов за счет ненаправленного действия прижизненных ферментов.

Самопроизвольное развитие ферментативных процессов приводит к изменению состояния белков, липидов и углеводов, а это сопровождается изменением свойств и состава мяса. В частности:

- изменяется механическая прочность мяса, что сказывается на его органолептике, усвоемости, на росте механических затрат при измельчении;
- изменяется водосвязывающая способность мяса (ВСС), способность поглощать и удерживать воду, что также оказывает влия-

- ние на органолептические показатели (консистенция, сочность), на выход готовой продукции;
- изменяются вкус и аромат мяса, что влияет на его органолептические показатели, а также на активность пищеварительных ферментов;
  - изменяется степень расщепления белков пищеварительными ферментами, т. е. усвояемость белков мяса в желудочно-кишечном тракте.

Автолитические процессы подразделяют на несколько стадий: посмертное окоченение, разрешение посмертного окоченения, созревание. Соответственно этим стадиям изменяется и состояние мяса, в связи с чем различают:

- мясо парное – непосредственно после убоя и разделки (2–4 ч);
- мясо в состоянии максимального развития посмертного окоченения (*rigor mortis*) – характеризуется резким ухудшением практически всех технологических и потребительских свойств мясного сырья;
- мясо после разрешения посмертного окоченения;
- созревание мяса, когда оно частично восстанавливает утраченные технологические свойства;
- мясо в состоянии глубокого автолиза – дальнейшего изменения при развитии ферментативного гидролиза под действием катепсинов.

О специфичности изменений наиболее важных химико-технологических показателей мясного сырья свидетельствуют данные, приведенные на рис. 2.1 и 2.2.

Как следует из анализа кривых, парное мясо имеет хорошие структурно-механические свойства и высокую водосвязывающую способность.

В течение первых суток после убоя развитие *rigor mortis* приводит к резкому снижению водосвязывающей способности, росту механической прочности, снижению величины pH от 6,5–7,0 до 5,4–5,6. Одновременно ухудшаются вкус и запах мяса, снижается его перевариваемость протеолитическими ферментами.

После первых суток выдержки и в ходе последующего хранения мясо частично восстанавливает свои свойства, хотя и не достигает свойств парного.

После 2–4 суток и более выдержки мяса существенно улучшаются все рассмотренные выше характеристики, причем повышение температуры хранения ускоряет процесс созревания.

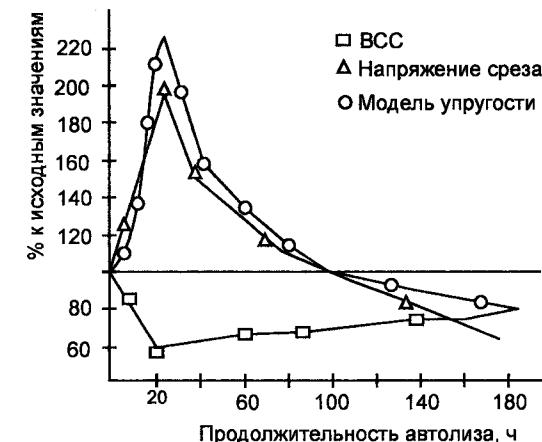


Рис. 2.1. Изменение физических и структурно-механических свойств мяса

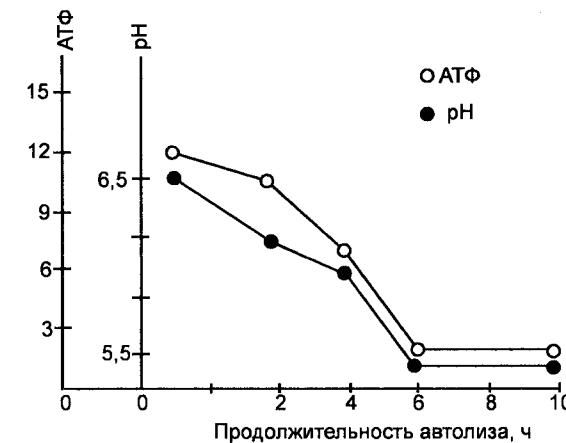


Рис. 2.2. Изменение биохимических свойств мяса

#### Морфологические изменения мяса в процессе автолиза

На начальном этапе посмертного окоченения мускулатуры происходит сокращение мышечных волокон, механизма которого похож на механизм прижизненного сокращения, однако это сокращение происходит хаотично по всему объему мышц. Часть мышц сокращается, часть расслабляется, что приводит к сложной деформации соседних, менее сокращенных волокон. Это явление обусловлено наличием разного запаса гликогена в волокнах.

Начало и общая продолжительность сокращения волокна зависит от запаса в нем энергетического потенциала (гликогена), температуры и действия на волокно силы тяжести. Чем выше температура, тем быстрее наступает и заканчивается окоченение.

Скорость развития автолиза при разных температурах: при 0 °C окоченение мясных туш КРС наступает через 18–24 ч, туш МРС – 18–24 ч, туш свиней – 16–18 ч, кур – 2–4 ч; при 15–18 °C процесс идет вдвое, при 37 °C – вчетверо быстрее.

Скорость развития и глубина автолиза зависят от вида животного, условий предубойной выдержки (душ, стресс, драки), а также условий выдержки полученного мяса. Влияют также возраст животного, упитанность, состояние здоровья, условия содержания и кормления. Так, повышенное содержание сахара в рационе питания и содержание животных в жарких условиях приводят к появлению эксудативности мяса. Посмертное окоченение у молодых животных развивается быстрее, у упитанных – медленнее.

Морфологически момент полного завершения посмертного окоченения мяса установить нельзя, об этом судят по расслаблению мускулатуры, увеличению ВСС и стабилизации величины pH.

В период созревания становится заметным распад ядер, видны поперечные разрывы мышечных волокон, разрыхление соединительнотканых прослоек (за счет ферментативного гидролиза катепсинами), улучшаются вкус, запах и перевариваемость мяса. Сокращение и расслабление мышечных волокон связано с изменением состояния сократительных белков миофибрилл. Однако после убоя эти процессы идут в анаэробных условиях, а деятельность ферментов носит разрушительный характер.

**Химизм автолиза.** В основе автолитических изменений мяса лежат изменения: углеводной системы (гликоген – запас энергии); системы ресинтеза АТФ; миофибриллярных белков, входящих в систему сокращения.

#### Изменение углеводной системы

Сразу после прекращения жизни животного начинаются ферментативные автолитические изменения углеводной системы мышечной ткани. Так как доступа кислорода нет, ресинтез гликогена идти не может, и начинается его анаэробный распад – фосфоролитический и амилолитический (рис. 2.3).

В результате гликолиза образуются молочная кислота и сахара.

После 24 ч гликолиз приостанавливается вследствие исчезновения АТФ и накопления молочной кислоты, которая подавляет фосфоролиз. Однако амилолиз продолжается еще 6–8 сут; 90% гликоге-

на распадается путем фосфоролиза до молочной кислоты и 10% – путем амилолиза до глюкозы (редуцирующих углеводов).

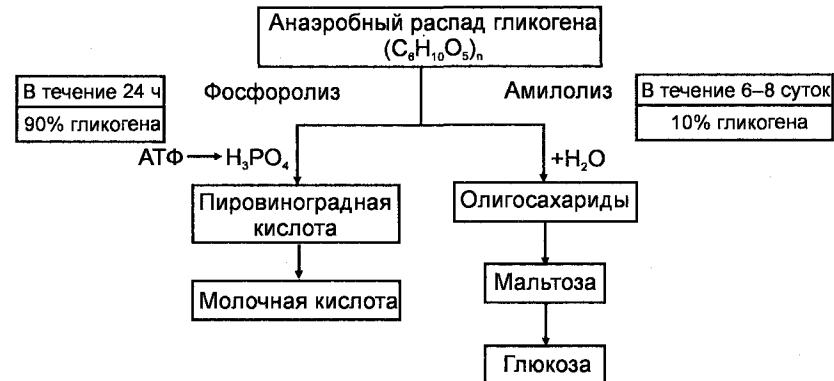


Рис. 2.3. Изменение углеводной системы

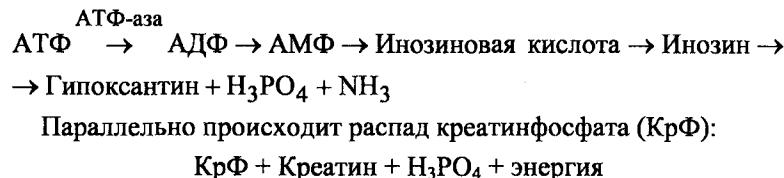
Ферментативный распад гликогена является пусковым механизмом для развития последующих физико-химических и биохимических процессов. Накопление молочной кислоты приводит к смещению pH мяса в кислую сторону – от 6,8–7,4 до 5,4–5,8, в результате чего:

- увеличивается устойчивость мяса к действию гнилостных микроорганизмов;
- снижается растворимость мышечных белков (изоэлектрическая точка 4,7–5,4), уровень их гидратации, величина водосвязывающей способности;
- происходит набухание коллагена соединительной ткани;
- повышается активность катепсинов (оптимум деятельности – при pH 5,3), вызывающих гидролиз белков на более поздних стадиях автолиза;
- разрушается бикарбонатная система мышечной ткани с выделением углекислого газа;
- создаются условия для интенсификации реакций цветообразования вследствие перехода двухвалентного железа в миоглобине в трехвалентное;
- изменяется вкус мяса;
- активизируется процесс окисления липидов.

**Изменение системы ресинтеза АТФ.** На первой стадии автолиза важное значение имеет уровень содержания в мясе энергоемкой АТФ, вследствие дефосфорилирования (распада) которой осуществляется процесс фосфоролиза гликогена.

Одновременно энергия дефосфорилирования обеспечивает сокращение миофибриллярных белков.

Для мяса в послеубойный период характерно непрерывное снижение концентрации АТФ. Вследствие уменьшения запасов АТФ в мясе не хватает энергии для восстановления сократившихся волокон до состояния релаксации (рис. 2.4).



**Рис. 2.4. Схема дефосфорилирования АТФ в автолизирующем мышце**

Накопление молочной и фосфорной кислот, как уже отмечалось, оказывает существенное влияние на состояние мышечных белков, что приводит к ухудшению консистенции, снижению водосвязывающей способности мяса и его эмульгирующих и адгезионных свойств.

Сущность этих изменений в основном связана с процессом образования актомиозинового комплекса и зависит от наличия в системе энергии и ионов кальция ( $\text{Ca}^{++}$ ).

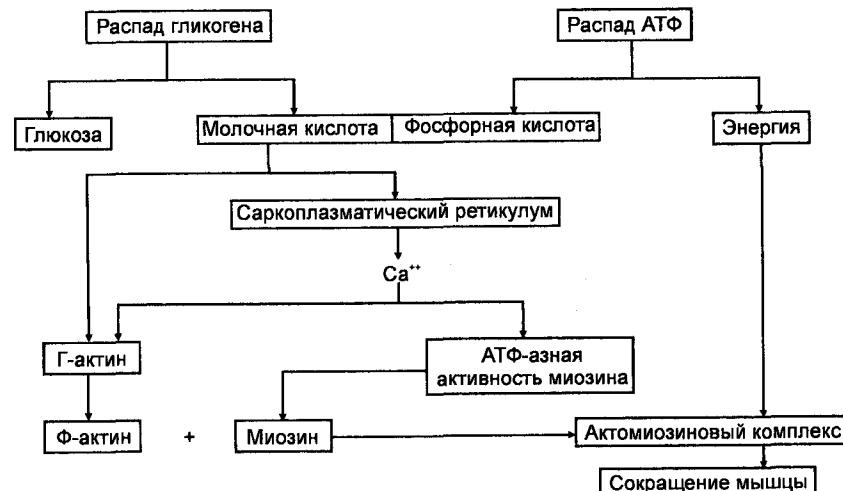
**Изменения миофибриллярных белков.** Степень изменения состояния миофибриллярных (сократительных) белков мышечной ткани в процессе автолиза в первую очередь зависит от величины pH среды, концентрации ионов  $\text{Ca}^{++}$  и АТФ в мышечном волокне. При этом пока запас АТФ в волокне при жизни пополняется, самопроизвольного сокращения мускула не происходит.

Сразу после убоя животного, пока количество АТФ велико, а катионы  $\text{Ca}^{++}$  связаны с саркоплазматической сетью волокна, актин находится в глобуллярной форме, не соединен с миозином, что обуславливает расслабленность волокон, большое количество гидрофильных центров, высокую ВСС мяса.

Сдвиг в значениях pH среды, обусловленный накоплением молочной и фосфорной кислот, запускает механизм превращений миофибриллярных белков. При этом в результате смещения pH в кислую сторону и наличия энергии распада АТФ происходят следующие преобразования:

- изменяется проницаемость мембран миофибрилл;

- ионы кальция выделяются из каналов саркоплазматического ретикулума, концентрация их возрастает;
- ионы кальция повышают АТФ-азную активность миозина;
- глобуллярный Г-актин переходит в фибрillлярный (Ф-актин), способный вступать во взаимодействие с миозином в присутствии энергии распада АТФ (рис. V);
- энергия распада АТФ инициирует взаимодействие миозина с фибрillлярным актином с образованием актомиозинового комплекса (рис. 2.5).



**Рис. 2.5. Образование актомиозинового комплекса**

В результате «взаимовтягивания» нитей актина и миозина происходит сокращение мышечного волокна, т. е. его сжатие (рис. VI).

Вследствие образования актомиозинового комплекса и, соответственно, сокращения мышечного волокна происходит:

- нарастание механической прочности мяса;
- уменьшение эластичности;
- резкое уменьшение ВСС как за счет сдвига pH к изоэлектрической точке, так и за счет блокирования гидрофильных центров актина и миозина при образовании комплекса.

Так как сразу после убоя в мясе еще продолжается процесс ресинтеза АТФ, то посмертное окоченение начинается не сразу, а спустя какое-то время (3–6 ч), после того как закончится ресинтез АТФ.

Автолиз идет с выделением энергии, и поэтому температура туши через 90 мин после убоя поднимается до 39–41 °С.

Механизм дальнейших изменений миофибриллярных белков, приводящий к разрешению посмертного окоченения, изучается. Однако ясно, что на первых стадиях созревания происходит частичная диссоциация актомиозина, одной из причин которой является увеличение в этот период количества легкогидролизуемых фосфатов, второй – воздействие тканевых протеаз.

Следует отметить, что характер развития автолиза в белых и красных мышечных волокнах мяса несколько различается. Красные волокна, в отличие от белых, характеризуются медленным сокращением и высокой длительностью процесса.

**Разрешение посмертного окоченения – созревание.** По мере выдержки мяса идет разрешение посмертного окоченения, расслабление волокон, частичное восстановление и улучшение его технологических свойств.

Полагают, что это происходит за счет:

- падения уровня содержания АТФ (энергии);
- увеличения в мышечной ткани количества легко гидролизующегося фосфора (пиофосфаты, АТФ), причем  $2\text{АДФ} \rightarrow \text{АТФ} + \text{АМФ}$ ;
- действия на структурные элементы мышечного волокна катепсинов (идет гидролиз белка с накоплением аминокислот и аминного азота);
- изменения состояния и свойств соединительной ткани – уменьшается устойчивость коллагена к нагреванию и перевариваемости. В ходе созревания меняется состояние эластина – развивается протеолиз с образованием растворимых продуктов.

По мнению японского специалиста К. Такахаши, явление тенденции мяса в процессе созревания во многом обусловлено потерей сетью и митохондриями саркоплазмы способности накапливать ионы кальция. В результате во время послеубойного созревания мяса концентрация ионов кальция в саркоплазме повышается до 0,2 ммоль (т. е. до уровня, превышающего их содержание в скелетной мышце в состоянии покоя в 2000 раз), и это приводит к существенному ослаблению структуры миофибрилл, т. е. улучшению нежности мяса.

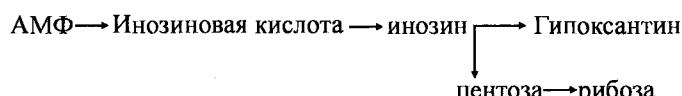
**Изменение органолептических показателей при автолизе.** На ранних стадиях автолиза мясо не имеет выраженного вкуса и запаха, которые, в зависимости от температуры хранения, появляются лишь на 3–4 сутки в связи с образованием продуктов ферментативного распада белков и пептидов (глютаминовая кислота, треонин, серосодержащие аминокислоты), нуклеотидов (инозин, гипоксантин

и др.), углеводов (глюкоза, фруктоза, пировиноградная и молочная кислоты), липидов (низкомолекулярные жирные кислоты), а также креатина, креатинина и других азотистых экстрактивных веществ.

Установлено, что в ходе автолиза происходит накопление свободных аминокислот (их количество возрастает в 3 раза); увеличение количества глютаминовой кислоты (в 8 раз) и содержания треонина.

Источником накопления глютаминовой кислоты является распад полипептидов, глютатиона, глютамина, а распад нуклеотидов приводит к образованию гипоксантина, улучшающего вкус мяса.

При реакции:  $\text{АТФ} \rightarrow \text{АДФ} + \text{АМФ}$ .



Рибоза и глюкоза (амилолиз гликогена) также влияют на вкус продукта и стимулируют реакцию меланоидинообразования.

В процессе автолиза образуются летучие компоненты:

- низкомолекулярные летучие жирные кислоты (ЛЖК) – из триглицеридов мышечной ткани под действием липазы. ЛЖК с числом углеродных атомов менее 12 обладают наиболее выраженным ароматом и вкусом;
- карбонильные соединения (альдегиды, кетоны);
- летучие спирты;
- продукты гидролиза: аммиачный азот,  $\text{H}_2\text{S}$ , меркаптаны и т. д.

**Технологическое значение автолитических изменений мяса.** При общей направленности биохимических процессов скорость автолиза и сроки созревания мяса зависят от вида и упитанности животных и птицы, от которых оно получено, места расположения на туше и температурных режимов хранения.

Как правило, нежность и водосвязывающая способность мяса с нормальным развитием автолиза становятся оптимальными через 5–7 сут после убоя животного при температуре хранения 0–2 °С, органолептические показатели – через 10–14 сут. В связи с этим продолжительность выдержки мяса после убоя зависит от способа его дальнейшего технологического использования:

- парное мясо рекомендуется использовать для производства эмульгированных (вареных) колбас и соленых изделий из свинины. Белки парного мяса обладают наибольшей водосвязывающей и эмульгирующей способностью, развариваемость коллагена максимальна. Эти обстоятельства обеспечивают высокий

выход готовой продукции и снижают вероятность образования дефектов при тепловой обработке. В первые часы после убоя мясо бактерицидно и содержит незначительное количество микроорганизмов (КМАФАнМ; КОЕ 1·10 г). С экономических позиций применение парного мяса также дает производителям серьезные преимущества в связи со снижением расхода холодильных емкостей и энергетических ресурсов. Однако работа с парным мясом требует высокой оперативности в технологическом процессе (интервал от момента убоя до стадии термообработки готовых изделий не должен превышать 3 ч), а также использования специальных приемов, направленных на задержку хода гликолиза и процесса образования актомиозинового комплекса;

- сырье с 13–15-суточным периодом созревания пригодно для изготовления практически любых видов колбас, полуфабрикатов и соленых изделий;
- наилучшее сырье для производства натуральных полуфабрикатов – мясо с периодом выдержки на созревании 7–10 сут; для производства ординарных колбас – после разрешения посмертного окоченения, (3–5 сут хранения);
- на замораживание направляют мясо после 24–48 ч выдержки или парное, имеющее pH 7,0. При этом происходит минимальное изменение белков и существенно снижаются потери массы при размораживании;
- для консервов используют созревшее мясо, так как наличие –SH, –S–S–, H<sub>2</sub>S и CO<sub>2</sub> в парном мясе в случае использования его в консервном производстве приводит к бомбажу;
- для сублимационной сушки лучше использовать парное мясо: при сушке белки изменяются мало, при регидратации идет процесс разрешения посмертного окоченения.

В западных технологиях, ориентированных на получение мясного сырья с максимальным уровнем нежности, используют несколько другие параметры выдержки мяса для созревания. В частности, период созревания говядины при температуре 3–5 °C составляет 2–4 недели, свинины – 6–10 суток, мяса кур – 12–24 ч.

**Способы интенсификации автолитических процессов.** Для ускорения процесса созревания, а также с целью повышения нежности и уровня водосвязывающей способности мяса, содержащего грубые мышечные волокна, значительное количество соединительной ткани и имеющего жесткую консистенцию, в практике используют

различные способы, которые условно подразделяют на физические, химические, механические и биологические.

#### Физические способы.

1. *Выдержка мяса при повышенной температуре.* Применение повышенных температур среды при выдержке мяса позволяет существенно сократить период созревания: при T = 1–2 °C продолжительность созревания составляет 10–12 сут, при 10–15 °C – 4–5 сут, при 18–20 °C – 2–3 сут, при 43,5 °C – 1 сут.

Следует отметить, что при использовании повышенных температур хранения возрастает вероятность развития в мясе гнилостных микроорганизмов, дрожжей и плесеней, в связи с этим рекомендуется особое внимание уделять санитарному режиму производства. Хороший эффект дает применение УФ излучателей и обработка поверхности мяса растворами антимикробных препаратов.

2. *Использование ультразвуковой вибрации.* Обработка мяса ультразвуком (частота 15 кГц в течение 1–30 мин) ускоряет созревание за счет нарушения целостности как мышечных волокон, так и элементов соединительной ткани.

#### 3. Применение импульсов переменного электрического тока.

Электростимуляция дает возможность в значительной степени ускорить процесс созревания, уменьшить вероятность холодного сокращения мышц, повысить нежность и сортность мяса.

Электростимуляция применима для мяса, полученного от всех видов скота, но наилучший эффект достигается при обработке как туши, так и отдельных отрубов мяса, полученных от крупного рогатого скота.

На различные части туши (путовая часть; рот животного, передняя и задняя конечности и т. п.) накладывают электроды (плоские, игольчатые, полосовые, трубчатые) и подают переменный ток напряжением от 40 до 2000 В импульсами. Длительность импульсов 0,4 с, перерыв между ними – 0,6 с. Следует отметить, что при обработке туши в шкуре требуется более высокое напряжение, чем для отрубов.

Принцип электростимуляции основан на уменьшении запасов энергии в мышцах в виде АТФ посредством искусственно вызываемого их сокращения до полного исчерпания запасов энергии. При этом в 2–2,5 раза увеличивается скорость гликолиза, ускоряется начало наступления процесса окоченения, интенсифицируется ферментативный распад мышечных волокон.

Механизм воздействия электрического тока на мышечную ткань после убоя заключается в том, что под влиянием электриче-

ских импульсов, передаваемых либо аксонам нервных клеток, либо путем прямого раздражения мембранны мышечного волокна, ионы  $\text{Ca}^{++}$  выходят из саркоплазматического ретикулума и освобождают АТФ, стимулируя АТФ-азу миозина, которая расщепляет АТФ до АДФ, создавая энергию для сократительных белков. Восстановление АТФ происходит за счет энергии распада гликогена до молочной кислоты, накопление которой сдвигает pH мышечной ткани в кислую сторону, ускоряя наступление посмертного окоченения мышц. Благодаря быстрому снижению величины pH мяса при электростимуляции протеолитические ферменты активизируются при более высоких температурах туши, чем в обычных условиях. Активное сокращение мышц под действием электрических импульсов вызывает также физическую деструкцию мышечных волокон, что позволяет получить выраженный эффект повышения нежности.

Завершение процесса электростимуляции контролируют по изменению (снижению до минимума) величины pH. Более эффективна обработка, производимая непосредственно после убоя (не позже чем через 1,5 ч после оглушения), пока нервная система животного в состоянии воспринимать электрические импульсы и вызывать сокращение мышц.

Использование электростимуляции позволяет сократить продолжительность созревания говядины при 0–2 °C на 5–7 сут.

**Химические способы** основаны на введении в мясо под давлением (2–7 · 10 Па) различных жидких и газообразных компонентов.

**1. Введение в парное мясо воды методом шприцевания.** Температура воды – 38 °C, количество 1–3% к массе туши. Повышение нежности мяса и уровня водосвязывающей способности происходит в результате разрыва мышечных волокон и активации деятельности гидролитических ферментов.

**2. Введение в парное мясо водных растворов поваренной соли** низкой концентрации (около 0,9%). Раствор поваренной соли задерживает образование актомиозинового комплекса, тормозит развитие посмертного окоченения.

**3. Введение в парное мясо водных растворов триполифосфатов** и их смесей с хлоридом натрия способствует существенному повышению как нежности мяса, так и его водосвязывающей способности.

**Механические способы** предназначены для обработки парного и охлажденного низкосортного сырья, основаны на разрыхлении морфологических элементов мяса.

**1. Накалывание и отбивание** мяса на различного рода устройствах обеспечивает растяжение сокращающихся мышц, разрушение

поверхностного слоя клеток, мембранных структур, разволокнение мышечной ткани.

**2. Массирование и тумблование** (в условиях окружающей среды, повышенных температур, в присутствии рассолов, с применением вакуума) вызывают различную степень изменений свойств сырья.

В начальной стадии массирования и тумблования основные процессы происходят в мышечной ткани: она разволокняется, идет разрушение мембран, набухание миофибриллярных белков, нарушение связей между актином и миозином. На этой стадии нежность и водосвязывающая способность мяса повышаются незначительно, и технологический эффект соответствует поверхностной тендеризации. При увеличении продолжительности механической обработки мышечные волокна набухают по всей толщине куска с образованием мелкозернистой белковой массы в областях нарушений их структуры, водосвязывающая способность и нежность мяса увеличиваются.

На оптимальной стадии тендеризации характерно наличие участков множественной деструкции миофибрилл и увеличение числа свободных связей, способных удержать дополнительное количество влаги.

Для мяса с относительно мягкой консистенцией (свинина, птица) предпочтительна обработка в массажерах, для жесткого (говядина, баранина) – в тумблерах, где более выражен эффект ударного воздействия.

Эффективность массирования и тумблования зависит от типа установки, конструкции емкости, частоты вращения, объема загрузки, состояния и структуры сырья, размеров кусков и др.

К недостаткам механических способов обработки следует отнести большую вероятность контаминации мяса микроорганизмами и возможные потери при тепловой обработке.

**Биологические способы** основаны на обработке сырья протеолитическими ферментными препаратами микробного (теризином, субтилизином, оризином, протосубтилином, мезентерином и др.), растительного (фицином, бромелином, папаином) или животного (трипсином, пепсином, химотрипсином, коллагеназой) происхождения, проявляющими активность в диапазоне pH среды 3,9–9,0.

Действие ферментов основано на гидролизе пептидных связей мышечных белков, размягчении грубых волокон мяса и соединительной ткани, что обеспечивает существенное повышение нежности мяса, улучшение его органолептических показателей и увеличение выхода готовой продукции.

Активность ферментов и полученный эффект тендеризации зависят от вида используемого сырья, температуры и pH среды, наличия солей, продолжительности воздействия, концентрации фермента. Количество вводимых ферментов зависит от их вида и составляет 0,0005–0,002% к массе мяса. Вводят ферменты путем инъектирования их в виде растворов в мышечную ткань, посредством погружения мяса в растворы фермента, нанесением фермента в виде аэрозоля на поверхность, либо путем непосредственного добавления его в фарш.

**Особенности протекания автолиза в мясном сырье, имеющем признаки PSE, RSE и DFD.** В настоящее время вопрос направленного использования сырья с учетом хода автолиза приобретает особое значение, т. к. существенно возросла доля животных, поступающих на переработку, у которых после убоя в мышечной ткани обнаружаются значительные отклонения от нормально протекающих (NOR) в послеубойный период биохимических процессов. По аномальному развитию автолиза мясное сырье дифференцируют на мясо с высоким конечным значением pH (DFD) и экссудативное сырье (PSE и RSE) с низким значением pH.

По разным источникам, доля мяса с признаками PSE и RSE, поступающая на переработку в регионы России, составляет 40–47%, мяса с признаками DFD – 35–38%.

Основная особенность такого сырья заключается в неадекватном изменении величины pH в процессе автолиза, в результате чего существенно меняются базовые органолептические и технологические свойства мяса (табл. 2.1).

## 2.1. Значение pH и характеристика мяса с признаками аномального развития автолиза

Мясное сырье	Характерные признаки мяса	Значение pH				Особенность технологических свойств, их влияние на показатели готовых мясопродуктов	
		через 1 ч после убоя		через 24 ч после убоя			
		говядина	свинина	говядина	свинина		
1	2	3	4	5	6	7	
NOR (нормальное)	Выраженный красно-розовый цвет, упругая консистенция, характерный запах	6,3–7,0	5,7–6,8	5,6–6,0	5,6–6,2	Использование без ограничений	

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7
DFD (темное, жесткое, сухое)	Красно-бордовый цвет, грубая волокнистость, повышенная липкость	6,6–7,0	6,3–6,8	6,2–6,6	6,2–6,4	Низкая скорость посола; высокая ВСС и ВУС; повышенная жесткость продукции; неустойчивый цвет. При производстве ветчинных изделий: повышенная сочность и выход, слабая солоноватость, бледный цвет, неустойчивость к микробиологической порче, пониженная окисляемость жира
PSE (бледное, мягкое, водянистое)	Светлая окраска, рыхлая консистенция, кислый запах, выделение мясного сока	5,2–5,6	5,2–5,5	5,2–5,5	5,2–5,5	Высокая проницаемость клеточных структур при посоле; большие потери воды при термообработке;
RSE (красное, мягкое, водянистое)	Красно-розовый цвет, рыхлая консистенция, кислый запах, выделение мясного сока	–	5,2–5,4	–	5,3–5,4	повышенная устойчивость к порче при хранении. При производстве ветчинных изделий: сухая, жесткая консистенция, выраженный соленый вкус, кисловатый запах, сжатие и деформация мышечных волокон; яркий цвет при копчении

Примечание. DFD – dark, firm, dry; PSE – pale, soft, exudative; RSE – red, soft, exudative.

К причинам аномального развития автолиза относят:

- генотип животного;
- уровень его физиологической стрессоустойчивости;

- нарушения гормональной деятельности (беломышечная болезнь у свиней);
- развитие гиподинамики в условиях промышленного интенсивного откорма;
- дефицит белка и микроэлементов в кормовом рационе (в первую очередь селена);
- условия содержания животных (теснота, повышенная температура и относительная влажность воздуха в помещениях).

Основное внимание на этапе выращивания животных должно быть уделено селекции стрессоустойчивых особей (включая тестирование их на склонность к стрессу), контролю за рационом кормления и условиями содержания, снятию стрессовых факторов.

Факторы, провоцирующие появление PSE, DFD и RSE у животных в период их транспортировки, убоя и первичной переработки:

- воздействие стресс-факторов при погрузке, транспортировке и разгрузке;
- грубое обращение во время транспортировки;
- душные и тесные загоны для содержания;
- частые перемещения в предубойный период;
- совместная предубойная выдержка разнополых особей (отдельное содержание быков снижает уровень мяса с признаками DFD на 50%);
- недостаток кормов и воды при выдержке;
- нарушение рекомендуемой продолжительности периода выдержки перед убоем;
- нарушение параметров электрооглушения.

Устранение либо минимизация рассмотренных выше факторов позволяет существенно снизить вероятность аномального развития автолиза. В частности, установлено, что при транспортировке свиней на расстояние до 100 км последующий их отдых в течение 3 ч является достаточным для снятия усталости и стрессов; превышение продолжительности периода отдыха сопровождается вторичным перевозбуждением. Подача свиней на убой непосредственно после доставки без отдыха приводит к смертельным случаям (0,5–3,0%), а 40–46% получаемой в процессе переработки свинины выходит с конвейера с признаками PSE.

В качестве простейших критериев для определения степени отдыха свиней перед убоем можно использовать следующие:

- температура животного (не должна быть выше 39 °C);

- частота пульса (до 100 ударов/мин);
- частота дыхания (не более 30 в/мин);
- степень наполнения ушных вен (розовый цвет ушных раковин). Хороший результат дает применение высокочастотного ( $f = 2400$  Гц) оглушения и газовой ( $N_2O$  – закись азота,  $CO_2$  – углекислый газ) анестезии для свиней. Согласно данным ВНИИМПа, применение высокочастотного способа оглушения и горизонтального способа обескровливания свиней позволяет снизить степень их возбуждения и улучшить качественные характеристики получаемого сырья. Так как возникновение стресса во многом зависит от продолжительности оглушения и закалывания, эти операции (особенно в случае осуществления обездвиживания свиней электрическим или механическим способами) следует проводить как можно быстрее.

В ряде случаев аналогичный эффект может быть получен при введении животным перед убоем (с кормом либо в виде инъекций) транквилизаторов – смеси холинхлорида и витамина РР из расчета 0,15 мг/кг массы.

Таким образом, основной причиной появления экссудативности (PSE, RSE) и темного, клейкого (DFD) мяса является психическая неустойчивость животных и их повышенная подверженность стрессу. Стressовое состояние вызывает значительные потери адреналина, а это, в свою очередь, является причиной ускорения гликолиза. Напуганные и утомленные перед убоем, имеющие легко возбудимую нервную систему животные расходуют большую часть резерва гликогена на компенсацию нервных и физических затрат. Все это часто приводит к получению свинины, а также и говядины с высоким конечным pH. В случае «беломышечной болезни» процесс гликолиза большей частью протекает в анаэробных условиях, поэтому еще при жизни животного начинает в повышенном количестве образовываться молочная кислота. Величина pH у мяса, полученного от животных в этом состоянии, сразу после убоя всегда ниже.

Критическое сочетание низкой величины pH (< 6,0) и высокой температуры (выше 35 °C) вызывает сильную конформацию и денатурацию саркоплазматических и миофибриллярных белков, что обуславливает понижение водосвязывающей способности мяса.

Установлено, что климатические условия, в которых содержатся животные до убоя, существенно влияют на свойства получаемого сырья, причем повышенная температура оказывает особенно неблагоприятное влияние на качество мяса свиней. Наблюдаемое увеличение числа туш с признаками PSE в теплое время года объясняется,

видимо, подавлением деятельности щитовидной железы; в результате нарушается регуляция процесса поглощения кислорода. У части животных сердечно-сосудистая система способна обеспечивать снабжение тканей кислородом только в состоянии покоя. В ряде работ одной из причин экскудативности считают нарушение гормонального равновесия – недостаточность тироксина, адренокортикотропного гормона и деоксикортикостерона, который поддерживает равновесие K/Na в крови и клетках. Прижизненный синдром стресса вызывает увеличение концентрации ионов K<sup>+</sup> и Na<sup>+</sup> в плазме, в результате повышается активность некоторых клеточных ферментов, провоцирующих нарушение нормального хода процесса гликолиза. Существуют предположения, что значительную роль в этом процессе играет неправильное регулирование, осуществляемое передней долей гипофиза. Происходит нарушение действия гормонов мозгового слоя надпочечников, которые, влияя на гликолиз, способствуют образованию бледного водянистого и темного сухого мяса.

Наряду с вышерассмотренными факторами, появление мяса с признаками PSE и DFD может быть вызвано следующими причинами: низкое содержание жиров и белков в кормовом рационе животных; наличие у них злокачественной гиперпирексии (вирулентная лихорадка), характеризующейся бесконтрольным повышением температуры и исключительной жесткостью скелетной мускулатуры.

Мясо с аномальными явлениями в ходе автолиза имеет нехарактерные технологические свойства, консистенцию, вкус, цвет и запах, что существенно затрудняет его использование при производстве цельномышечных мясопродуктов. У такого мяса изменяется степень доступности белкового компонента к действию пищеварительных ферментов. В опытах *in vitro* установлено, что количество накапливающихся при последовательном действии пепсина и трипсина низкомолекулярных продуктов гидролиза белков зависит от скорости и характера послеубойного гликолиза в мышечной ткани. Наибольшая степень гидролиза под действием пищеварительных ферментов отмечалась в продуктах, полученных из мяса с признаками DFD. В образцах, изготовленных из NOR сырья, конечное количество тирозинсодержащих веществ несколько ниже – в среднем 81,6–86,9%. Наибольшую устойчивость к действию протеолитических ферментов имели белки свинины с признаками PSE. Различная устойчивость белков свинины к действию протеаз, по-видимому, обусловлена как пониженным уровнем гидратации мышечных белков, так и конформационными изменениями белковых макромолекул.

Показано также, что жировая ткань и внутримышечная липидная фракция мяса с признаками PSE более подвержены процессу окисления.

На наш взгляд, анализ приведенных выше данных, а также наличие безусловной зависимости качества получаемых мясопродуктов от свойств используемого сырья ставят перед специалистами отрасли конкретные задачи: снизить долю поступающего в производство сырья с признаками PSE и DFD, создать систему по своевременной идентификации сырья, а также принимать технологически грамотные решения по рациональному применению этих видов мяса.

Первая задача может быть решена путем осуществления жесткого контроля за движением сырья – от выращивания животных до их переработки. Часть конкретных мероприятий, позволяющих снизить долю поступления сырья с аномальным развитием автолиза, рассмотрена ранее. Вторая задача – идентификация и рациональное использование такого сырья на современных мясоперерабатывающих предприятиях (работающих как на отечественном, так и на импортном сырье) подразумевает более широкое применение системы технологической диагностики, основанной на определении величины pH, величины ВСС, консистенции и цветовых характеристик поступающего сырья и его последующей систематизации. Наиболее распространено определение наличия признаков PSE в мясе путем измерения величины pH в длиннейшей мышце спины на глубине 5 см в районе 10-го позвонка, либо в области окорока. Исходя из результатов pH-метрии через 45–60 мин после убоя сырье сразу разделяют на несколько групп: 1) с резкими свойствами PSE ( $\text{pH} < 5,6$ ); 2) с признаками PSE, RSE ( $\text{pH} = 5,6–5,8$ ); 3) удовлетворительное качество ( $\text{pH} = 5,8–6,0$ ); 4) мясо NOR или DFD ( $\text{pH} > 6,0$ ).

Контрольное определение pH и окончательную сортировку полуфабрикатов производят через 24 ч (16–18 ч) после убоя (табл. 2.2).

## 2.2. Разделение сырья на группы в зависимости от значения pH через 24 ч хранения

pH <sub>24</sub>	Группа мясного сырья		
	DFD	NOR	PSE, RSE
Свинина	> 6,2	5,3–6,2	< 5,3
Говядина, телятина	> 6,0	5,4–6,0	< 5,4
Баранина	< 6,3	6,0–6,3	< 6,0

Идентификация мяса позволяет провести его сортировку и выбрать наиболее рациональные пути его технологического использо-

вания с учетом специфики органолептических и функциональных показателей (табл. 2.3).

### 2.3. Свойства мяса и рекомендации по его использованию

Вид мясного сырья	Свойства		Рекомендации по использованию
	негативные	позитивные	
С признаками PSE (RSE)	Низкие ВСС и ВУС, рыхлая структура, низкая адгезия и выход, бледная окраска, кисловатый вкус и запах	Высокая устойчивость к микробиологической порче; повышенная скорость распада нитрита натрия	В технологии сырокопченых колбас; в сочетании с мясом DFD, белоксодержащими препаратами; при тщательном подборе фосфатов (щелочных)
С признаками DFD	Низкая устойчивость к микробиологической порче; нестабильный цвет; вероятность увеличения содержания остаточного нитрита натрия	Высокая ВСС, липкость; малая степень изменения состояния белков при замораживании/размораживании; высокая устойчивость жиров к окислению	В технологии вареных колбас, деликатесных мясопродуктов с высокими выходами; при производстве замороженных полуфабрикатов; рекомендуется ограничить дозировки фосфатов

## ЛЕКЦИЯ 3

### ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРНОГО МЯСА

В связи с наметившимся ростом поголовья скота в РФ в последние годы возрос интерес технологов мясной промышленности к проблеме использования в колбасном производстве парного мяса.

Следует напомнить, что горяче-парным считают мясо, полученное непосредственно после убоя животных, не потерявшее животного тепла (температура мяса 38–39 °C) и находящееся в состоянии, предшествующем началу наступления посмертного окоченения.

Привлекательность горяче-парного сырья обусловлена рядом весьма существенных причин:

- Использование мяса непосредственно после убоя позволяет сократить технологический процесс выработки мясных изделий до 18–26 ч;
- При обвалке туш парное мясо теряет меньше сока, чем охлажденное: потери его массы составляют до 2–3%, тогда как при обвалке охлажденных туш – 8–10%.
- Парное мясо содержит на 50% больше солерасторимых белков, чем охлажденное, имеет высокий уровень pH и, соответственно, максимальный уровень водосвязывающей и эмульгирующей способности (в частности, ВСС созревшего охлажденного мяса не превышает 85% от уровня влагоемкости парного).
- Парное мясо имеет нежную консистенцию, стабильный розово-красный цвет (вследствие отсутствия окисленных форм миогло-

бина); нативный коллаген соединительной ткани обладает малой прочностью.

5. Парное мясо, полученное от здоровых животных, идеально с санитарно-гигиенических позиций ( $KOE = 1 \cdot 10^1$  г). Для сравнения: микробное число охлажденного и размороженного мяса составляет  $10^3$  и  $10^4 KOE/g$ , соответственно; блочного жилованного мяса –  $5 \cdot 10^5$ ; мяса механической доовалки –  $5 \cdot 10^6$ ; шпика охлажденного или замороженного несоленого –  $5 \cdot 10^4 KOE/g$ ;

6. Термопотери массы парного мяса снижаются до 2–3% против 8–10% при термообработке охлажденного сырья.

7. По некоторым данным, выход варенных колбас, изготовленных из парного мяса, почти на 9% выше по сравнению с продукцией, изготовленной из размороженного сырья.

8. Производительность труда рабочих при обвалке парных туш, которая производится в вертикальном положении, повышается на 10–15% по сравнению с горизонтальной обвалкой на столах.

9. При использовании парного мяса на 80% снижаются затраты на холодильные площади и на 60% – энергозатраты (на охлаждение и хранение).

Основным препятствием для широкого использования горячепарного мяса в производственных условиях является чрезвычайно короткий период, в течение которого сырье сохраняет эти свойства: свинина – до 3 ч; говядина, баранина и конина – 4–6 ч.

По истечении этого времени интенсифицируются процессы распада гликогена и АТФ и наступает фаза посмертного окоченения. В результате накопления молочной кислоты, смещения pH мяса в сторону изоэлектрической точки белков, ассоциации актина и миозина снижается растворимость и эмульгирующая способность мышечных белков, падает уровень их водосвязывающей способности, резко возрастает механическая прочность, т. е. свойства мясного сырья принципиально изменяются. Посмертное окоченение при температуре 0–4 °C у свинины наступает через 18–24 ч после убоя, у говядины и баранины – через 24–48 ч.

Температура парного мяса может достигать 38–39 °C, что, с одной стороны, требует использования специальных приемов при его технологической обработке в колбасном производстве (быстрое охлаждение, жесткий контроль за температурно-временными параметрами отдельных операций и т. д.), а с другой стороны, наличие столь высоких температур может инициировать развитие окислительных, гидролитических, ферментативных и микробиологических процессов.

Из вышеизложенного и анализа работы отраслевых предприятий следует, что, учитывая возможности производства, при работе с горяче-парным мясом можно пользоваться несколькими способами.

**Первый способ** основан на принципе: успеть переработать сырье до наступления периода посмертного окоченения. При этом убой животных, получение парного мяса и его использование в колбасном производстве осуществляют в предельно сжатое время: от момента убоя до обвалки должно пройти не более 45–60 мин, а до машинной обработки – не более 2 ч. Данный способ требует высокой оперативности и синхронизации работы цеха первичной переработки и колбасного производства. Способ наиболее приемлем для предприятий средней и малой мощности.

При переработке парного сырья особое внимание уделяют контролю за его температурой и величиной pH. Температура говядины в толще тазобедренной части через 45–60 мин с момента убоя должна быть не менее 36–38 °C, свинины – 35–36 °C.

Величину pH определяют через 45–60 мин после убоя животного, и на основании полученных данных мясо подвергают сортировке на NOR, DFD и PSE (табл. 3.1).

### 3.1. Сортировка мяса в зависимости от значений pH

Мясо	pH	
	через 1 ч после убоя	через 24 ч после убоя
Говядина:		
PSE	5,2–5,6	5,2–5,5
NOR	6,3–7,0	5,6–6,0
DFD	6,6–7,0	6,2–6,6
Свинина:		
PSE	5,2–5,5	5,2–5,5
NOR	5,7–6,8	5,6–6,2
DFD	6,3–6,8	6,2–6,4

Обвалку парного мяса можно производить как в горизонтальном, так и в вертикальном положении. Вертикальная обвалка (крупным куском) предпочтительнее. Со свиных туш обязательно снимают шпик в виде пласта.

При жиловке парного мяса выделяют говядину и свинину высшего сорта (либо крупный кусок) и направляют на изготовление цельномышечных мясных продуктов и колбас высших сортов; жилованное односортное парное мясо (с температурой около 24–26 °C) используют для производства сосисок, сарделек и т. п.

Полученное парное жилованное мясо можно в дальнейшем использовать по нескольким вариантам, в частности, в отдельные отруба либо в крупные куски вводят раствор поваренной соли или рассол, содержащий фосфаты.

Введение 2–4% поваренной соли в парное мясо способствует ингибированию развития гликолиза, в связи с чем при последующей выдержке в посоле при температуре 0–2 °C у сырья в течение 9 ч сохраняется достаточно высокий уровень pH. Кроме того, поваренная соль препятствует ассоциации актина и миозина, т. е. задерживается развитие процесса посмертного окоченения; возрастает скорость распада АТФ.

В результате этих биохимических изменений имеется возможность проводить технологическую обработку парного мяса в течение 8–10 ч с момента убоя.

Однако, ввиду ряда технических причин в производственных условиях данный способ не получил широкого распространения.

Парное жилованное односортное мясо без предварительной выдержки в посоле можно направлять на выработку колбасных эмульсий. При этом из практики известно несколько способов работы с парным сырем:

- парное мясо (преимущественно говядину) измельчают на волчке с диаметром отверстий решетки 2–3 мм при одновременном добавлении поваренной соли либо переохлажденного (температура –8...–10 °C) рассола с концентрацией поваренной соли 15–20%. При этом количество вводимого рассола составляет 10–15% к массе сырья. Особое внимание уделяют продолжительности периода от момента убоя животного до момента посола сырья. Оптимальным считают проведение посола парной свинины в течение 1 ч, а говядины – в течение 2–3 ч. Полученный соленый фарш охлаждают до температуры не выше 4 °C и используют при производстве вареных колбас, сосисок и сарделек.

Хороший результат дает введение до 20–35% парного мяса в рецептуры эмульсированных мясных изделий, изготавливаемых из замороженного либо размороженного сырья. Для предотвращения возможного перегрева мясной эмульсии в процессе куттерования добавляют соевые белковые препараты, так как большинство из них термостабильны и компенсируют потерю растворимости мышечных белков при повышенных температурах;

- получение эмульсии из парной говядины.

Сыре измельчают на волчке с диаметром отверстий решетки 2–3 мм, после чего подвергают куттерованию в течение 3–6 мин на

малой скорости, последовательно добавляя фосфаты, 2,5% поваренной соли и 40–50% к массе сырья водоледянной смеси. Полученную эмульсию температурой 14–18 °C выгружают в емкости (толщина слоя – не более 15 мм) и выдерживают в течение 12–24 ч при 0–4 °C, затем эмульсию применяют для приготовления колбасных фаршей;

- парное мясо со стабилизованными свойствами.

Односортную говядину с температурой 22–24 °C измельчают на волчке с диаметром отверстий решетки 2–6 мм. Затем мясо перемешивают в мешалке с добавлением 2,5% поваренной соли к массе сырья, выгружают в емкости и выдерживают при температуре 2–4 °C в течение 24 ч. В последующем фарш используют при выработке вареных колбасных изделий.

Вышерассмотренные варианты работы с парным мясом по совокупности технологических, организационных и экономических показателей были наиболее распространены в отрасли в 1970–1980-е годы.

**Второй способ** основан на увеличении продолжительности периода, предшествующего наступлению посмертного окоченения, что достигается, как правило, за счет торможения развития биохимических процессов, и в частности, гликолиза. В результате этого время нахождения мяса в парном состоянии существенно возрастает. Достигается такой эффект либо введением в горяче-парное мясо поваренной соли (рассола), фосфатов, либо замораживанием сырья. Это может осуществляться как на этапе убоя животных, так и на стадии обработки парного мяса.

Известно, что гликолиз подавляется и, соответственно, задерживается наступление периода посмертного окоченения при введении животным в момент закалывания и обескровливания (через артерию) под давлением холодных рассолов с концентрацией поваренной соли 0,9–1,0%, либо водных растворов триполифосфатов и их смесей с поваренной солью. Количество вводимого рассола составляет 1–3% к массе туши. Мясо сохраняет свойства парного в течение 6 ч; одновременно протекают процессы охлаждения и посола сырья.

В колбасном производстве по этому же принципу стабилизируют свойства парного мяса, сочетая его посол и последующее замораживание.

При этом парную жилованную говядину измельчают на волчке с диаметром отверстий в решете 2–3 мм, перемешивают с 2,5% поваренной соли и замораживают в емкостях при температуре –18...–20 °C. В последующем блочное сырье хранят не более 30 сут либо используют непосредственно в колбасном производстве. Круп-

нокусковое парное сырье массой не более 1 кг с температурой 24–26 °С допускается замораживать без предварительного посола.

Установлено, что после длительного хранения мясо, замороженное в парном состоянии, имеет лучшие показатели водосвязывающей способности, более интенсивный аромат и вкус по сравнению с сырьем, охлажденным перед замораживанием.

Следует иметь в виду, что низкотемпературная обработка парного мяса сопряжена не только с энергоемкостью процесса, но и с высокой вероятностью появления при использовании однофазного замораживания горяче-парной говядины так называемого «холодового сокращения» (холодная контрактация) вследствие совпадения по времени значений двух основных показателей мяса ( $\text{рН} > 6,4$ , температура  $< 12^{\circ}\text{C}$ ), что приводит к существенному ухудшению его ВСС и СМС.

**Третий способ** предусматривает искусственное ускорение автолитических процессов путем применения электростимуляции горяче-парных туш, в результате чего длительность периода посмертного окоченения – и, собственно, приобретение сырьем негативных функционально-технологических свойств – существенно сокращается, и предотвращается опасность их развития при последующей переработке сырья в условиях колбасного производства.

Сущность электростимуляции заключается в кратковременном воздействии на горяче-парные туши импульсов переменного электрического тока, вследствие чего:

- в значительной степени (в 2–2,5 раза) возрастает скорость процесса распада гликогена и накопления молочной кислоты;
- сокращается до нескольких десятков минут продолжительность периода посмертного окоченения туш;
- интенсифицируются процессы созревания сырья;
- снижается вероятность развития «холодового шока» мышц при последующем охлаждении и замораживании;
- повышается нежность мяса и уровень проницаемости клеточных мембранных для посолочных веществ.

В России электростимуляция применялась на ряде мясокомбинатов (Улан-Удэнский, Нижне-Тагильский, Новосибирский) в 1980-е годы для обработки мясных туш, предназначенных для получения замороженных блоков из парного жилованного мяса, изготовления копченостей и вареных колбас. Электростимуляцию осуществляли на опытных и промышленных установках типа Я-10-ФОЭ, смонтированных на участке обескровливания свиней и крупного рогатого

скота, а также после распиловки туш. В первом варианте промежуток времени между оглушением животных и проведением электростимуляции не превышал 8–10 мин. При использовании второго варианта время с момента убоя не превышало 6 мин.

Анализ публикаций свидетельствует, что в основном применяются три способа электростимуляции туш животных. При первом способе используют переменный ток 50–60 Гц напряжением 440–550 В, который подается импульсами с длительностью от 0,5 до 2,5 с; перерывы между импульсами от 0,5 до 1,8 с, а общее количество импульсов может доходить до 25–50.

Во втором случае используют специальные источники высокого напряжения 700–1100 В с частотой тока 12–25 Гц с прямоугольной или синусоидальной формой импульсов. Электростимуляцию осуществляют в течение 2 мин. При стимуляции туш в шкуре для преодоления электрического сопротивления кожного покрова используют ток с напряжением 3600 В.

По третьему способу, который применяется наиболее часто, электростимуляцию проводят током с напряжением 45–110 В, частотой импульсов от 14 до 40 Гц и длительностью обработки от 1 до 10 мин.

Условно электростимуляцию можно разделить на высоковольтную (700–1100 В), средневольтную (380–500) и низковольтную (36–110 В). Широкий диапазон применяемых напряжений объясняется, прежде всего, тем, что электростимуляция проводится на разных стадиях убоя и разделки животных, а также использованием разных частот и форм импульсов, отличием электродов и мест их накладывания. Низковольтная электростимуляция применяется не позднее 3–5 мин после обездвиживания животного, высоковольтная (500–700 В) – после разделки туш.

Как следует из многочисленных публикаций, наилучшего результата удается достигнуть при использовании электрического тока напряжением 220–300 В. По некоторым сведениям, низковольтная электростимуляция может провоцировать появление мяса с признаками PSE.

Ток высокой частоты при электростимуляции лучше применять при наличии затянутого до 40–60 мин периода между моментом оглушения/закалывания и электрической обработкой, в то время как обработка током низкого напряжения более эффективна только в течение нескольких минут непосредственно после смерти животного; чем больше интервал времени между моментом убоя и электробоработкой, тем продолжительнее должен быть цикл электростимуляции. Например, для туш крупного рогатого скота, обрабатывае-

мых через 5 мин после убоя, этот цикл составляет 3–5 мин, через 15–20 мин – 15 мин, спустя 25–30 мин – 40–60 мин.

В зарубежной практике (Новая Зеландия, Австралия) при электростимуляции КРС используется напряжение в 40–2000 В в течение 0,2–0,6 с; при этом обеспечивается: возможность работы с горяче-парным мясом в колбасном производстве; последующее однофазное замораживание как мяса на костях, так и обваленного мяса; сокращение периода полного биохимического созревания сырья с 5–7 сут до 10–12 ч.

Следует иметь в виду, что парное мясо, также как и сырье ранних стадий автолиза, не имеет выраженного аромата, который появляется лишь на 3–4-е сутки выдержки полуутуш при температуре 0–4 °C и обусловлен образованием продуктов ферментативного распада белков и пептидов (глутаминовая кислота, треонин, серосодержащие аминокислоты), нуклеотидов (инозин, гипоксантин), углеводов (молочная и пировиноградная кислоты), креатина, креатинина и других азотистых экстрактивных веществ.

По этой причине, говоря об использовании разных видов парного мяса в колбасном производстве, большинство компетентных отечественных и зарубежных специалистов в основном ориентируются на говядину, являющуюся базовым функционально-технологическим ингредиентом рецептур, ответственным за структурирование получаемой системы, степень эмульгирования, уровень водосвязывания и т. п., но не оказывающим существенного влияния на вкусоароматические характеристики готовой продукции.

В отношении целесообразности применения горяче-парной свинины при производстве мясопродуктов у технологов нет твердой уверенности по ряду достаточно серьезных причин:

- слишком короток период (не более 3 ч), в течение которого свинина сохраняет высокие технологические свойства;
- свинина в основном предназначена для производства цельномышечных и реструктуризованных (деликатесных) мясопродуктов, для которых характерны специфические вкус, запах и текстура, образующиеся только за счет естественного развития биохимических процессов в ходе созревания сырья;
- используемая в колбасном производстве свинина, с одной стороны, формирует вкусоароматические показатели и структурно-механические свойства (пластичность, консистенцию), с другой – свиная жировая ткань является базовым компонентом мясных эмульсий и должна, соответственно, обладать рядом таких необходимых свойств, как диспергируемость, определенная температура плавления и т. д.

Как показывает практика, свинина в горяче-парном состоянии:

- не имеет выраженного запаха и вкуса;
- шпик и внутримышечный жир слишком долго сохраняют живое тепло и поступают на переработку с повышенной температурой;
- жировая ткань парной свинины обладает такими негативными свойствами, как: а) низкая температура плавления; б) высокая сорбционная способность к вносимым в рецептуру пряно-ароматическим веществам (шпик поглощает и инактивирует эфирные масла, в связи с чем требуется увеличение закладки пряностей на 30–50% по сравнению с нормой); в) способность к образованию водожировых пен, что приводит к интенсивному появлению пористости в колбасных изделиях;
- существенно снижает интенсивность розово-красного цвета у готовых мясопродуктов.

На наш взгляд, альтернативой парному может явиться остывшее мясо. Остывшим является сырье, выдержанное после убоя в цеховых условиях (при температуре от 8 до 12 °C) в течение 12–14 ч. В зарубежной практике считается целесообразным осуществлять выдержку парных говяжьих полуутуш перед последующим охлаждением или замораживанием в течение 16 ч при 15–16 °C во избежание появления «холодового шока». В этот период при данных температурных условиях автолиз протекает ускоренно, и мясо приобретает свойства, близкие к свойствам охлажденного сырья.

В соответствии с данными ВНИИМПа (1973 г.), при повышении температуры процессы посмертного окоченения, его разрешения и созревания в говядине интенсифицируются в 2–3 раза (табл. 3.2).

### 3.2. Влияние температуры хранения мяса на биохимические и микробиологические процессы

Показатель	Температура хранения, °C							
	0	2	7	10	15	18	20	25
Период достижения требуемого уровня рН, ч	48	–	18–19	–	–	14	–	10
Период полного созревания мяса, сут	14	10	–	5	4	3	1,5	–
Относительная скорость роста психрофильных микроорганизмов, усл. ед.	0,64	1,00	2,25	3,24	–	–	5,29	10,89

Однако получение остывшего мяса также требует соблюдения ряда обязательных условий:

- у полутиш, направляемых на обработку, поверхность должна быть сухой с целью предотвращения развития микроорганизмов;
- туши должны располагаться на подвесном пути изолированно (расстояние между ними не менее 5 см) во избежание появления «загара»;
- необходимо поддерживать высокое санитарное состояние производства, так как в температурном диапазоне 7–10 °С скорость роста психрофильных микроорганизмов возрастает в 2–3 раза.

На некоторых зарубежных предприятиях существует практика работы с парным или остывшим мясом при следующей организации процесса переработки: убой животных → разделка полутиш → обвалка (в асептических условиях) → упаковка сырья под вакуумом в полимерные пакеты → выдержка в течение 4–7 ч при температуре 15 °С для созревания → снижение температуры до 7 °С и дополнительная выдержка 12–17 ч.

В последующем жилованное мясо либо используют непосредственно при производстве колбасных изделий и цельномышечных мясопродуктов, либо передают на хранение (до 30 сут при температуре 0–4 °С).

Оценивая возможность работы с парным либо остывшим мясом в конкретных производственных условиях, технолог должен учитывать еще одну сторону вопроса: состояние сырьевой базы (вид поступающего скота, возраст, упитанность, условия его откорма и содержания, породу), особенности доставки животных на предприятие и организации убоя, так как эти факторы во многом предопределяют долю получаемого при первичной переработке сырья с аномальным развитием автолиза, т. е. мяса с признаками PSE, RSE и DFD, имеющего, вследствие специфичности развития гликолиза, существенно иной характер послеубойных изменений по сравнению с нормальным мясом.

Как известно, причины, инициирующие появление после убоя животных мяса PSE и DFD, достаточно разнообразны и могут возникнуть как на этапе выращивания животных, так и при их промышленной переработке.

В частности, в прижизненном периоде предпосылки к последующему аномальному развитию автолиза могут быть обусловлены:

- генотипом животного;
- уровнем его стрессоустойчивости;
- проявлением гиподинамии;
- дисбалансом основных нутриентов и дефицитом макро- и микроэлементов в кормовом рационе;

- условиями содержания;
- нарушениями гормональной деятельности.

Установлено, что некоторые животные весьма восприимчивы к макромирию: их биоритмы и степень возбудимости зависят от активности солнца, фазы луны, времени года и т. д. Поэтому в предубойный период особое внимание должно быть уделено устранению стресс-факторов. Переработка утомленных и сильно возбужденных животных, как правило, приводит к появлению у сырья признаков PSE и DFD. Рекомендуемый период предубойной выдержки для свиней составляет 3–4 ч, крупный рогатый скот может поступать на убой непосредственно после транспортировки.

Немаловажное значение имеет способ оглушения, продолжительность интервала между оглушением и закалыванием. Технологу следует иметь в виду, что если склонность к образованию мяса PSE большей частью обусловлена генетически, то образование DFD-мяса можно предотвратить хорошим обращением с животными перед убоем.

При этом в любом случае, организуя систему получения и переработки парного мяса в колбасном производстве, следует осуществлять контроль за уровнем pH получаемого сырья, классифицируя его по группам: NOR, DFD, PSE (RSE).

Наиболее рационально проводить измерение pH через 1 ч с момента убоя и после 24-часовой выдержки, так как при сопоставлении именно этих значений имеется возможность достаточно точно идентифицировать и выделить мясо с аномальным развитием автолиза. Характерные значения pH для различных групп сырья приведены в табл. 3.1.

Определение величины pH проводят в области длиннейшей мышцы спины (для говяжьих туш – между восьмым и двенадцатым позвонками; для свиней – между пятым и шестым поясничными позвонками, либо шейно-лопаточной части).

Анализ данных, приведенных в табл. 3.1, позволяет прийти к заключению, что на основе результатов pH-метрии, полученных через 1 ч после убоя животных, оценивая различия цвета мышечной ткани (PSE – бледное, DFD – бордовое, темно-красное), а также учитывая результаты определения упругости мяса (восстановление ямки, образующейся при надавливании пальцем), можно при наличии достаточного опыта идентифицировать в партии горяче-парного мяса сырье с признаками PSE и DFD.

Развитие гликолитических процессов в мясе в послеубойный период определяет последующую направленность в нем физико-химических и биохимических процессов, оказывающих существенное

влияние на состояние белковых веществ. При резком понижении pH среды (мясо PSE) в течение 1 ч после убоя животного уменьшается количество отрицательно заряженных групп белка, что приводит к выравниванию отрицательно и положительно заряженных групп, и как следствие, к уменьшению влагосвязывающей способности и нежности тканей.

Для мяса DFD характерна высокая влагосвязывающая способность как в парном, так и в охлажденном состоянии за счет высокой ионизации белков при малой концентрации ионов водорода в мышцах. Влагосвязывающая способность мясного сырья с DFD-свойствами практически не снижается в процессе хранения.

Учитывая низкие функциональные свойства мяса PSE и возможность быстрой микробиологической порчи, такое сырье следует перерабатывать после охлаждения как можно раньше.

В наименьшей степени послеубояным изменениям подвергаются белки DFD-мяса. Учитывая, что в DFD-мясе посмертное окоченение выражено протекать не будет, сырье в горяче-парном виде можно направлять для использования в колбасном производстве. Кроме того, вследствие вероятности микробиальной порчи такое сырье желательно направлять на выработку мясных продуктов на ранних стадиях автолиза с применением интенсивных технологий посола (массирование, тумблование).

Мясо с NOR-свойствами следует передавать на охлаждение в течение 18–24 ч при 0–4 °C, после чего – на дальнейшее созревание и хранение.

По мнению специалистов, оптимальным вариантом при наличии сырья с признаками PSE является:

- его идентификация по уровню pH через 1 ч после убоя животного (утренний убой скота);
- выдержка полутиши в цеховых условиях в течение 8–12 ч;
- повторная pH-метрия;
- передача сырья на переработку в колбасное производство.

С учетом особенностей функционально-технологических свойств мяса с признаками PSE при выработке из него продукции рекомендуется особое внимание обращать на выбор типа фосфатов, белковых препаратов, связующих и вкусоароматических добавок.

При определении признаков PSE- и DFD-мяса в цехах убоя и переработки животных не всегда можно получить надежные результаты на основе определения показателя концентрации ионов водорода (pH). Для оценки качества мяса туши недостаточно замерить pH лишь в одной мышце, так как в разных мышцах значения pH могут быть раз-

личными. На практике из-за недостатка времени на конвейере цеха первичной переработки определяют pH максимум в двух мышцах.

Существует несколько способов, позволяющих с определенной достоверностью выявить мясо с PSE- и DFD-свойствами. Так, по данным ряда исследователей, мясо с PSE-свойствами через 1 ч с момента убоя животного имеет значение pH не ниже 6,1, а у мяса с DFD-характеристиками величина pH не ниже 6,4. Мясное сырье с NOR-свойствами к этому времени имеет pH 6,2–6,8. Однако трудно через 1 ч определить качественную принадлежность мяса к той или иной группе, поэтому рекомендуется произвести вторичное измерение величины pH через 24 ч, что позволяет уменьшить ошибку при классификации мяса по группам качества. У мяса с PSE-свойствами через 24 ч величина pH будет иметь значение ниже 5,9–5,8, а у мясного сырья с DFD-характеристиками pH будет иметь значение более 6,4 ед.

Запатентован способ эффективной сортировки мяса на PSE, DFD и NOR, в соответствии с которым предусмотрено измерение величины pH туш непосредственно после убоя животных, выделение сырья с PSE свойствами, имеющего значение pH 5,8–5,9, воздействие на оставшиеся полутиши электростимуляцией и повторное измерение величины pH. При этом pH мяса с NOR уменьшится на 0,2–0,6 ед., а с DFD – менее чем на 0,1 ед. С помощью данного способа полутиши можно разделить на три качественные группы через 1 ч с момента убоя животного (рис. VII).

Наряду с использованием метода поэтапной pH-метрии делаются попытки применять для идентификации мяса методы, основанные на количественном определении АТФ и ИМФ, изменении величины ВСС мяса и показателей его цвета и т. д. Однако каждый из данных методов имеет определенные недостатки, в связи с чем используется в практике весьма ограниченно.

Таким образом, анализируя рассмотренные выше данные, следует подчеркнуть, что проблема эффективного использования горяче-парного мяса сопряжена не только со спецификой его химико-технологических свойств и пониманием сущности протекающих биохимических процессов, но и с имеющимися организационно-техническими возможностями конкретного предприятия.

## ЛЕКЦИЯ 4

### ВОДОСВЯЗЫВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ МЯСА

В составе большинства видов мясного сырья и мясопродуктов количественно-преобладающим компонентом является вода – ее содержание составляет от 25 до 80%.

В связи с данным обстоятельством, так как практические технологии ориентированы в основном на получение высокого и устойчивого выхода готовой продукции, принципиально важное значение имеет понимание механизма связывания воды в гомогенизованных и цельномышечных мясных системах.

Показатель водосвязывающей способности, т. е. способность мяса связывать (ВСС) и удерживать (ВУС) воду оказывает непосредственное влияние на следующие параметры:

- реологические характеристики (вязкость, липкость, адгезия, когезия) мясных систем;
- органолептические (сочность, консистенция, внешний вид) и структурно-механические (пластичность, напряжение среза, деформационные изменения) показатели готовой продукции;
- вероятность дестабилизации мясной системы (при термообработке, хранении), в результате чего появляются рыхлая структура, бульонные отеки, морщинистость и т. д.;
- величину выхода готовой продукции, связанного с экономическими показателями работы производства;
- степень устойчивости сырья и готовой продукции при хранении и т. д.

Согласно принятой в физической химии классификации, различают химическую, физико-химическую и физико-механическую формы связи воды с материалом. Химическая форма связи воды – органически связанная вода, входящая в щелевые области белка или в состав химических гидратов. С ней ассоциируется вода монослоев вокруг гидрофильных групп неводного компонента и часть воды, образующей несколько слоев вокруг ионов и ионных групп, после монослоя. Данный тип воды связан наиболее прочно.

Физико-химическую форму связи имеет адсорбционно- и осмотически связанная вода, а также иммобилизованная жидкость.

Физико-механическая связь характерна для воды макро- и микрокапилляров, воды смачивания, пор.

Таким образом, формы связи воды в различных объектах и материалах, а также соотношение прочно- и слабосвязанной воды может существенно различаться в зависимости от их состава, условий технологической обработки и многих других факторов.

Применительно к пищевым продуктам термины «связывание воды», «гидратация», «водопоглощение» чаще всего используют для характеристики общей способности удерживать воду гидрофильными веществами и структурными элементами, т. е. общепринятые показатели – водосвязывающая (ВСС) и водоудерживающая (ВУС) способность – отражают в основном микроскопический (макроструктурный), а не молекулярный уровень явлений, связанных с поглощением воды.

Степень и прочность связывания воды в сложных пищевых системах зависит от ряда факторов:

- природы неводных компонентов (в первую очередь структурообразователей – белков и полисахаридов), их концентрации, особенностей структуры;
- состояния морфологической структуры сырья (целые клеточные или гомогенизованные элементы мяса);
- условий среды (рН, солевой состав, температура) и т. д.

Приоритетная роль в удерживании воды в мясных системах принадлежит белкам. Белковые вещества, входящие в состав мяса, подразделяются на нерастворимые, растворимые и ограниченно растворимые.

В частности, *миозин* – миофibrillлярный белок, ограниченно гидратируется без растворения, образует вязкие растворы, имеет ККГ (критическая концентрация гелеобразования) 0,3%, солерасторимый (при содержании поваренной соли в количестве 6–7%), кальцийзависимый (агрегирует и выпадает в осадок при концентрации ионов  $\text{Ca}^{++}$  0,001 М). *Актин* – водорастворимый белок, чувствителен к измене-

нием pH и ионного состава среды. *Актомиозин* – комплексный белок, в основном проявляет свойства, аналогичные миозину; гидрофильная способность зависит от концентрации АТФ, солей кальция, магния, фосфорной кислоты; при содержании АТФ, равном 0,4%, и в присутствии триполифосфата натрия комплекс полностью диссоциирует. *Миоген* – глобулярный соле- и водорастворимый белок, ККГ = 20–30%. *Глобулин-X* – глобулярный, нерастворимый в воде белок, растворяется в растворах нейтральных солей щелочных металлов низкой концентрации. *Коллаген* – соединительнотканый белок, нерастворим в воде и растворах нейтральных солей, в воде набухает, особенно при pH 5–7, многократно (в 3 раза) увеличиваясь в объеме. Выдержка коллагена в слабых растворах кислот и щелочей повышает степень его гидратации. *Эластин* – фибрillлярный белок, нерастворим в воде и других растворителях, химически очень устойчив, гидрофильные свойства практического значения не имеют.

Все эти белки в разной степени участвуют в связывании воды мясной системой, так как существенно различаются по количественному содержанию в ней, структуре, составу, растворимости и т. д.

Так как в состав мяса в основном входят мышечная, соединительная и жировая ткани, именно первым двум и принадлежит функция связывания воды, причем, безусловно, решающая роль в формировании ВСС принадлежит белкам мышечной ткани. Мышечная ткань содержит до 75% воды, большая часть которой (около 90%) находится в мышечных волокнах, остальная – в межклеточном пространстве. В структуре волокна вода также распределена неравномерно, в саркоплазме ее меньше, в миофибриллах больше. По этой причине уровень ВСС мышечной ткани в первую очередь зависит от наличия и состояния миофибрillлярных белков – миозина, актина и актомиозина, которые, имея разнообразные полярные группы внутри и на поверхности полипептидных цепей, способны взаимодействовать с диполями воды.

К полярным группам (так называемым гидрофильным центрам) относятся заряженные ( $-NH_3^+$ ,  $-COO^-$ ) и незаряженные ( $-OH$ ,  $-SH$ ,  $-NH$ ) группы боковых цепей, пептидные группы главных цепей ( $-NH-CO-$ ).

Вследствие наличия электростатического поля у гидрофильных центров диполи воды ориентируются вокруг них, формируя адсорбционно связанную воду. В зависимости от величины заряда гидрофильные центры могут ориентировать от 2 до 4 диполей воды.

Адсорбционно связанную воду, в свою очередь, подразделяют на два типа:

- вода, связанная с заряженными группами – ионная адсорбция;
- связанная с незаряженными группами – молекулярная адсорбция.

При адсорбции диполей первый слой связывается наиболееочно, образуя гидратную воду, не отделяемую при прессовании, высушивании и даже сублимации.

Количество последующих слоев может достигать нескольких десятков, образуя сольватную оболочку вокруг молекул белковых веществ и гидрофильных гидроколлоидов. Особо следует отметить, что прочность удерживания диполей воды в слоях падает по мере удаления от гидрофильного центра, и в последних слоях молекулы воды могут переходить из наружного слоя в гидратный и наоборот, образуя так называемый диффузионный слой. В технологической практике этот факт имеет существенное значение: изменения величину pH, либо температуру мясной системы, можно удержать большую часть воды диффузного слоя и таким образом повысить выход готового изделия за счет уменьшения потери воды при термической обработке.

Адсорбционно связанная вода по своим свойствам отличается от свободной; большая ее часть достаточноочно прочно связана с гидрофильными центрами, она имеет уменьшенную молекулярную подвижность, способствует диспергированию частиц, пластификации системы. Наличие адсорбционно связанной воды в основном свойственно колloidным системам коагуляционного типа. Для этих же систем характерно связывание воды путем иммобилизации ее в структурированном матриксе, т. е. в ячейках сформированного макромолекулярного пространственного каркаса. В частности, гели животных и растительных структурообразователей (желатина, крахмала, каррагинана и др.) способны адсорбционно связывать значительные количества воды. Количество воды, связываемой путем молекулярной адсорбции в мясном сырье, практически стабильно, но доля ионной воды постоянно варьирует в зависимости от изменяющегося количества гидрофильных центров.

В свою очередь на количество гидрофильных центров в белке влияют следующие факторы:

1. *Природа и структурные особенности молекулы белка.* В частности, у глобулярных белков пептидные связи и гидрофильные группы находятся на поверхности глобулы, и способность их взаимодействия с водой в основном зависит от величины поверхностного заряда и степени дисперсности. Фибрillлярные белки имеют поперечные водородные, солевые, пептидные и дисульфидные связи, образующие объемную полимолекулярную структуру. Гидрофильные центры располагаются как на поверхности их молекул, так и внутри них, в связи с чем при набухании фибрillлярных белков и интенсивном оводнении прочность водородных и солевых связей между полипептидными це-

почками снижается, и пространственный матрикс может разрушиться. Таким образом, решая, сколько воды следует добавить в мясную систему без ухудшения ее структурно-механических свойств (рыхлая консистенция, бульонный отек и т. д.), следует в первую очередь ориентироваться на количественное содержание мышечных белков и учитывать значение их ККГ (критической концентрации гелеобразования). Повышенное содержание соединительной ткани и жира в составе сырья, а также длительное его хранение в замороженном виде приводят к снижению доли адсорбционно связанный воды.

**2. Величина pH среды.** Значение данного показателя в формировании требуемого уровня ВСС мясопродуктов неизмеримо возросло, особенно в последние 15–20 лет, в связи с нестабильностью свойств мясного сырья, поступающего на переработку.

Как известно, белковые вещества в водной среде проявляют свойства многовалентных амфотерных электролитов, в связи с чем характер их взаимодействия с водой зависит от активной реакции среды. Величина pH, характеризующая уровень ионизации аминогрупп белковой молекулы, предопределяет соотношение заряженных и незаряженных групп, что, в свою очередь, влияет на количество гидрофильных центров, уровень их зарядности и, соответственно, на величину ВСС (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Влияние pH на уровень ВСС и область технологического использования мясного сырья

Минимальная гидратация имеет место, когда число групп одного заряда в белковой молекуле становится равным числу групп противоположного заряда, т. е. когда суммарный заряд равен нулю и наступает изоэлектрическое состояние белка – изоэлектрическая точка. При этом кислотные и основные группировки белковых молекул взаимоблокируются, и функцию гидрофильных групп выполняет лишь незначительная часть полярных групп таких аминокислот, как цистин, серин, митионин, тирозин, оксипролин и триптофан.

Для каждого вида белка, входящего в состав мяса, характерна своя собственная изоэлектрическая точка: миозин – 5,1–5,4; актин – 4,7; глобулин-Х – 5,2; миоген – 6,5; гемоглобин – 6,7; фибриноген – 6,4; коллаген – 6,3–6,7; сывороточный альбумин – 4,6. Однако, принимая во внимание количественное преобладание миофibrillлярных белков и значение их функционально-технологических свойств, в практике ориентируются на интервал pH 5,2–5,4, соответствующий изоэлектрической точке мышечных белков.

Данный показатель имеет принципиально важное значение, так как в настоящее время отечественной мясной промышленности приходится иметь дело большей частью с нестандартным по технологическим характеристикам сырьем, в частности, мясом с аномальным развитием процессов автолиза. Характерные кривые изменения pH в мясном сырье после убоя и при последующей выдержке (рис. 4.2) показывают, что отклонения в значениях pH в мясе с признаками DFD и PSE могут достигать весьма существенных величин, что, безусловно, будет отражаться на функционально-технологических свойствах сырья и качестве готовой продукции.

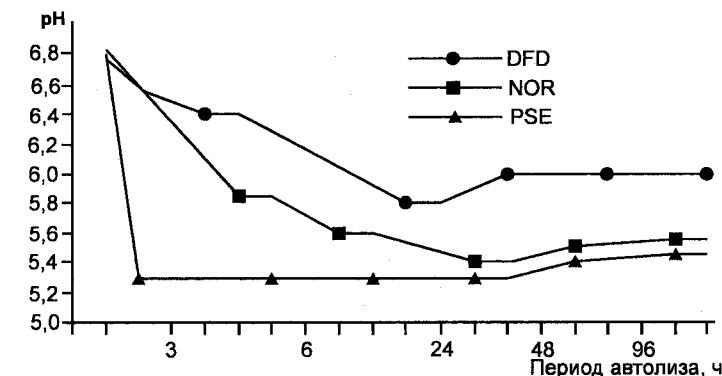


Рис. 4.2. Изменения pH в мясе с различным развитием процессов автолиза

Необходимо также отметить, что в последние годы зарегистрировано появление (наряду с DFD и PSE) сырья с признаками RSE (red soft exudative), имитирующего цвет нормального мяса, но имеющего фактически все негативные свойства мяса с признаками PSE. Как следует из данных, приведенных в табл. 2.1 лекции 2, характер автолиза существенно влияет как на степень удерживаемости сырьем воды, так и на другие важные показатели (скорость посола, органолептические показатели, устойчивость при хранении и т. п.).

Необходимо иметь в виду, что в процессе длительного низкотемпературного хранения имеет место изменение значений величины pH у мясного сырья (сдвиг pH к изоэлектрической точке на 0,08–0,10 через каждый месяц хранения), что, естественно, приводит к снижению гидрофильных свойств белков.

Учитывая вышеизложенное, для получения гарантированного технологического результата (стабильное качество, высокий выход) следует:

- проводить идентификацию сырья (NOR, DFD, PSE, RSE) по уровню pH;
- оценивать потенциальную возможность применения сырья в конкретной рецептуре и технологии мясных изделий;
- в случае необходимости проводить направленное изменение pH сырья либо мясной системы в целом путем введения регуляторов кислотности или препаратов с высокими уровнями pH и буферной емкости.

В этом плане наиболее доступными и эффективными средствами являются пищевые фосфаты, особенно смеси кислых, нейтральных и щелочных фосфатов.

Щелочные и нейтральные пищевые фосфаты (в рекомендуемых дозировках) смещают pH среды от изоэлектрической точки в щелочную сторону (в среднем на 0,2–0,3), вызывают диссоциацию актомиозинового комплекса, повышают набухаемость и растворимость миозина, связывают ионы двухвалентных металлов ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Mn}^{++}$ ), блокирующих доступ воды к полярным группам белка, увеличивают ионную силу системы и создают буферную емкость. В результате повышается количественное содержание гидрофильных центров и их электрический заряд, что приводит к увеличению скорости и прочности связывания воды. Фосфаты действуют как синергисты поваренной соли, которая, как известно, также повышает степень растворимости белков, хотя и несколько сдвигает pH среды (на 0,1–0,2) в кислую сторону.

Особенно эффективно использование фосфатов при переработке размороженного мяса длительного низкотемпературного хранения, тощего сырья, мяса с аномальным развитием автолиза. Диапазон pH у пищевых фосфатов, используемых в технологии мясопродуктов, составляет от 6,0 до 9,2.

**Свойства и концентрация электролитов.** Нормальная структура воды (диполь) нарушается при добавлении диссоциирующих веществ. Для простых неорганических ионов, которые не обладают донорскими или акцепторными местами для образования водород-

ных связей, связь просто полярна. В частности, в гидратированном (растворенном) хлориде натрия вода в диффузном слое существует в структурно-разрушенном состоянии из-за конкурирующего влияния, с одной стороны, монослоя, с другой – внешней массы воды. Способность ионов и ионных групп изменять структуру воды в основном обусловлена силой электрического поля иона. Одно- и многовалентные ионы ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ba}^{++}$ ,  $\text{Al}^{+++}$ ), обладающие сильным электрическим полем, могут образовывать структурированные сетчатые системы и способны ориентировать вокруг себя от 4 до 6 молекул воды (рис. VIII), находящейся в связанном состоянии.

Однако значение наличия в мясных системах солей определяется главным образом не характером их собственного взаимодействия с водой, а степенью их влияния на состояние и свойства основных водоудерживающих компонентов – белков и полисахаридов. Установлено, что в присутствии нейтральных солей щелочных и щелочно-земельных металлов уровень гидратации и растворимости белковых веществ существенно изменяется, причем характер действия этих солей зависит от их химической природы, вида катионов и анионов, концентрации. При этом большинство белков в той или иной степени взаимодействует с неорганическими ионами.

В технологии мясопродуктов особое значение имеет наличие и концентрация ионов натрия и кальция, так как часть белков мяса солерасторима и кальцийзависима.

Варьируя концентрацию хлорида натрия и ионов кальция, можно изменять уровень ВСС основных белков мяса. В частности, введение поваренной соли в горяче-парное мясо фиксирует диссоциированное состояние актина и миозина, сохраняет высокий электрический заряд мышечных белков, в результате чего процесс наступления посмертного окоченения задерживается на 4–9 ч и мясо сохраняет гидрофильные свойства.

При посоле охлажденного или размороженного мясного сырья добавление хлорида натрия смещает изоэлектрическую точку мышечных белков от 4,7–5,4 в область 4,3–4,9 вследствие способности ионов хлора увеличивать отрицательный заряд белков (рис. 4.3 и 4.4), что также имеет принципиально-важное технологическое значение.

Одновременно, как уже было отмечено, поваренная соль увеличивает растворимость белков, что также отражается на уровне водосвязывающей способности: в присутствие 2–4%  $\text{NaCl}$  значения ВСС мяса возрастают на 15–20%, а термопотери существенно сокращаются. Однако использование повышенных концентраций хлорида натрия (свыше 8%) приводит к появлению эффекта «высыпания» и

обезвоживания белков. Аналогичное действие проявляют и ионы кальция, которые в микродозах присутствуют в исходном мясном сырье и вносятся в мясные системы в ходе технологической обработки вместе с водой, поваренной солью и другими ингредиентами. В небольших концентрациях ионы кальция катализируют процессы созревания мяса, способствуют повышению ВСС. Однако при их содержании, превышающем  $1 \cdot 10^{-3}$  М, происходят конформационные изменения белковых макромолекул, агрегирование и выпадение в осадок миозина, что, естественно, приводит к резкому снижению водосвязывающей способности.

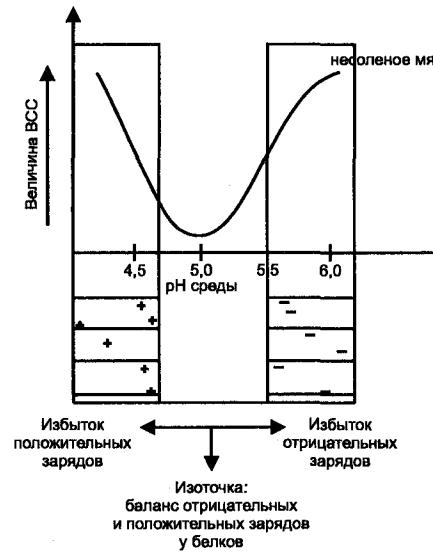


Рис. 4.3. Влияние pH на количество гидрофильных групп и величину ВСС мяса

Сущность механизма изменения функционально-технологических свойств мясного сырья в присутствии ионов кальция заключается в том, что связывание кальция белками сопровождается:

- конформационными изменениями молекулы на уровне третичной структуры и, соответственно, изменением уровня зарядности белка;
- стабилизацией структуры белка за счет ее уплотнения и увеличения степени компактности;
- повышением устойчивости молекулы белка к воздействию такого фактора, как нагревание.

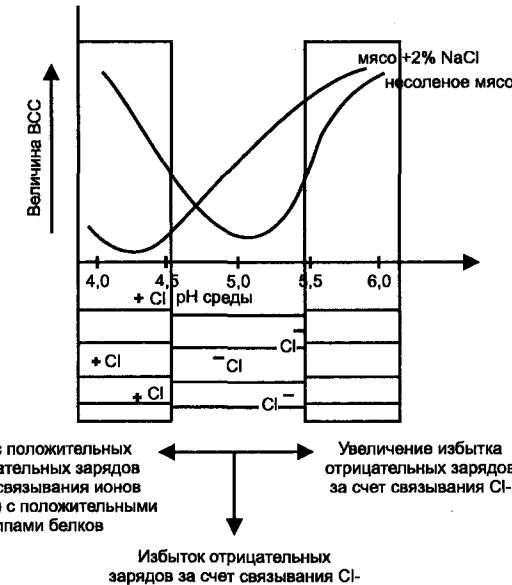


Рис. 4.4. Влияние поваренной соли на гидрофильные группы и величину ВСС мяса

Мышечные белки в большинстве являются кальцийсвязывающими; наиболее активно взаимодействуют с ионом кальция актин и миозин. Ионный состав среды оказывает существенное влияние не только на свойства мышечных белков – аналогичным образом ведут себя многие белоксодержащие препараты. Например, растворимость соевого белкового изолята СУПРО-760 резко падает при концентрации ионов кальция  $2 \cdot 10^{-3}$  М/л, и возрастает до 100% при концентрации их 0,1 М/л, что, естественно, отражается на уровне его водосвязывающей и гелеобразующей способности.

**Характер межмолекулярного взаимодействия белков и степень конформации молекул.** При повышенных концентрациях структурообразователя, наличии в системе ионов «считывающих» металлов, изменениях pH и в ряде других случаев имеет место межмолекулярное взаимодействие белков, которое приводит к взаимоблокированию гидрофильных центров, уменьшению их количества, и, как следствие, к снижению величины ВСС. Примером такого взаимодействия является образование актомиозинового комплекса в период посмертного окоченения:

Ф-актин + миозин  $\rightarrow$  актомиозин, в результате чего величина ВСС мяса резко снижается.

При дальнейшем развитии автолиза актомиозиновый комплекс диссоциирует, число гидрофильных групп возрастает, однако первоначального уровня величина ВСС не достигает. Аналогичный эффект может вызвать нарушение или изменение нативной структуры белка. В частности, повышение температуры среды до уровня более 42–45 °C приводит к денатурационно-коагуляционным изменениям мышечных белков, в результате чего, несмотря на некоторое (0,1–0,3) увеличение значения pH, возрастает доля межмолекулярных взаимодействий, падает растворимость, уменьшается количество адсорбционно-связанной воды, т. е. уровень ВСС снижается.

Характер конформационных изменений отдельных молекул высокомолекулярных соединений и состояния матрикса, образованного с их участием, во многом зависят от параметров термообработки. Высокоинтенсивный нагрев приводит к более глубоким изменениям; «мягкий», ступенчатый нагрев (дельта-варка) обеспечивает последовательную модификацию первичной белковой структуры с минимальной потерей адсорбционно связанный воды. Уровень конформации белковых молекул изменяет степень их пористости, предопределяющую как общую поверхность сорбции, так и прочность связывания воды. Диаметрально противоположное действие оказывает нагрев на степень водо связывания коллагеном соединительной ткани. Гидротермическая трансформация структуры коллагена, сопровождающаяся свариванием, разрывом водородных связей, дезагрегацией белка (с образованием глютина и желатоз), обеспечивает высвобождение скрытых функциональных групп, которые формируют высокую набухаемость, растворимость, гелеобразующую и водо связывающую способности. Особенностью свойств продуктов гидротермического распада коллагена является их значительная устойчивость к изменениям ионной силы и pH среды.

С практической точки зрения различия в характере изменения уровня водо связывающей способности мышечными и соединительнотканными белками при термообработке имеют весьма существенное значение: падение ВСС мышечной ткани может быть частично компенсировано ее увеличением у соединительной ткани.

В ряде случаев в современные рецептуры колбасных изделий, дефицитные по содержанию мышечных белков, специально вводят белковые препараты, получаемые из коллагенсодержащего сырья, которые обеспечивают как эффективное структурирование мясной системы, так и связывание воды.

**Степень измельчения мясного сырья.** Практическая реализация водо связывающего потенциала сырья во многом зависит (и, в

первую очередь, в технологии эмульгированных колбас) от степени измельчения мяса, температурных параметров диспергирования (куттерования) и последовательности внесения в куттер ингредиентов рецептуры. В процессе куттерования в результате механического разрушения клеточной структуры мяса (в течение первых 2–3 мин измельчения) происходит высвобождение миофibrillлярных и саркоплазматических белков из мышечного волокна и деструкция соединительной ткани (что весьма важно для проведения гидролиза коллагена при последующей термообработке). В этот же момент начинается процесс набухания и адсорбционного поглощения воды выделившимися из клеток белками. Для активации белков добавляют пищевые фосфаты (сдвигающие pH в сторону от изоэлектрической точки, связывающие избыток ионов кальция, создающие буферную емкость и т. д.), поваренную соль (если сырье предварительно не подвергалось посолу) и часть водоледянной смеси (с целью снижения температуры до уровня не выше 4 °C). Таким образом, создаются оптимальные условия для реализации функционально-технологического потенциала мышечных белков, в результате чего происходит их интенсивное межмолекулярное взаимодействие (структурообразование системы) и связывание воды. На втором этапе куттерования вносят жировое сырье и остаток водоледянной смеси и переходят на высокие скорости гомогенизации сырья. При этом жир диспергируется, его частицы фиксируются вокруг гидрофобных групп в структурированной матрице, происходит насыщение водой свободных гидрофильных центров; часть воды аккумулируется в ячейках образовавшегося геля наряду с фрагментами морфологических элементов мясного сырья, специями, кусочками жира и т. п. Полученная в конце куттерования мясная эмульсия обладает выраженным вязко-пластическими свойствами и способна удерживать 60–78% воды.

Безусловно, в зависимости от вида и состояния используемого сырья, пищевых добавок, белоксодержащих препаратов и вспомогательных ингредиентов последовательность процесса куттерования будет несколько модифицироваться, однако его физико-химическая сущность останется неизменной.

Второй формой связи воды в мясном сырье и мясопродуктах является *осмотически-связанная вода*. Она характерна для нативных клеточных структур (мясного сырья, цельномышечных и реструктурированных мясопродуктов) и удерживается материалом вследствие наличия в нем более высокого осмотического давления, чем в окружающей среде. В неразрушенных тканях более высокое осмотическое давление обусловлено содержанием в клетках растворов орга-

нических и неорганических веществ и полупроницаемыми клеточными мембранами, через которые происходит избирательная диффузия. В разрушенных мембранах роль полупроницаемой перегородки выполняет в первую очередь структура каркаса гелей, в ячейках которого иммобилизируются водные растворы низкомолекулярных веществ. Более высокое осмотическое давление в структуре геля возникает также в результате концентрирования ионов электролитов у поверхности мицелл и макромолекул вследствие адсорбционных явлений. Часть осмотической влаги находится в капиллярных межклеточных пространствах тканей. Количество осмотически связанной воды зависит от осмотического давления в структуре материала, а оно, в свою очередь, обусловлено молекулярной концентрацией веществ, растворенных в жидкости, а также степенью ионизации белков в клетках под действием электролитов. Осмотически связанная вода проникает в материал при его прямом контакте с жидкостью; в рассолах мясо вначале обезвоживается, а затем набухает, до тех пор пока упругость стенок клеток не уравновесится осмотическим давлением. Осмотически связанная вода удерживается слабее адсорбционной и может отделяться при термообработке, вызывая деформацию (скатие, морщинистость) мясопродуктов. В современных технологиях цельномышечных и реструктурированных мясопродуктов долю осмотически связанной воды увеличивают путем введения в сырье методом инъекции многокомпонентных растворов, содержащих органические и неорганические вещества, которые обеспечивают повышение осмотического давления и за счет этого – удерживание (либо приток) дополнительной воды.

Так как исходное мясное сырье и некоторые виды готовой продукции (цельномышечные и реструктурированные мясопродукты) имеют сохраненную клеточную морфологическую структуру, т. е. относятся к группе коллоидных капиллярно-пористых материалов, значительное количество воды в них удерживается системой капилляров и пор, формируя *капиллярно-связанную воду*.

Теоретически различают влагу микрокапилляров, содержащуюся в капиллярах радиусом менее  $10^{-5}$  см, и влагу макрокапилляров – капилляров с большим радиусом; при этом в обоих случаях вода в основном удерживается за счет высокого коэффициента поверхностного натяжения. Капиллярное давление в микрокапиллярах настолько велико, что обуславливает конденсацию водяного пара из окружающего воздуха в капиллярах. Слой влаги, примыкающий к стенкам капилляров, связан с ними адсорбционными силами, остальная ее часть удерживается за счет капиллярного давления и мо-

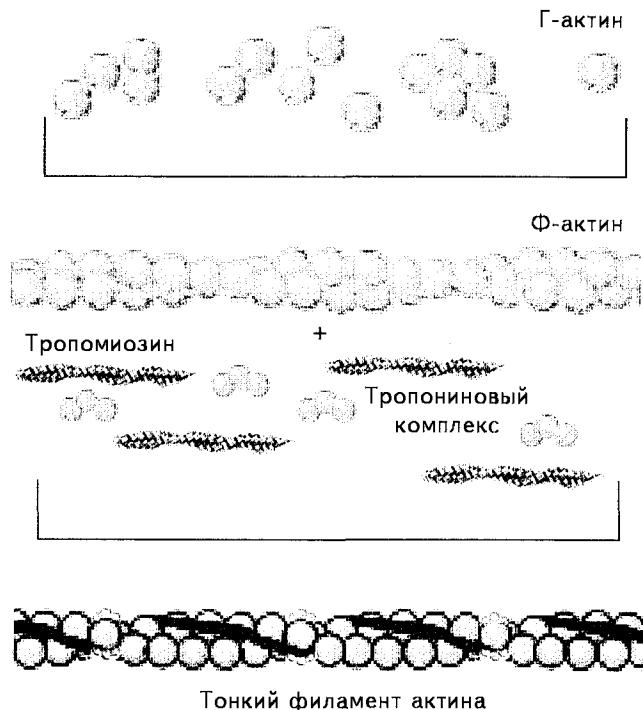


Рис. V. Переход Г-актина в Ф-актин

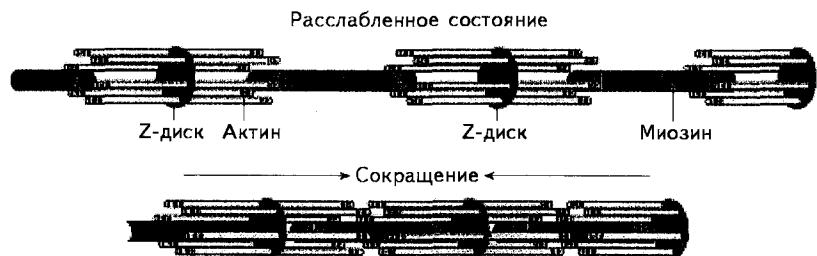


Рис. VI. Ультраструктура процесса сокращения мышцы



PSE (Pale Soft Exudative)  
Бледно-розово-серый, мягкий  
и экссудативный.  
Нежелательный внешний вид  
и чрезмерно сжимается



RFN (Reddish Firm Non-exudative)  
Красновато-розовый, плотный  
и не экссудативный.  
«ИДЕАЛЬНЫЙ». Желательный  
цвет, плотность и способность удер-  
живать воду



DFD (Dark Firm Dry)  
Темный багрово-красный, очень  
плотный и сухой.  
Твердая и липкая поверхность, по-  
вышенная способность удерживать  
воду

Рис. VII. Вид мяса с признаками PSE, RFN и DFD (на разрезе)

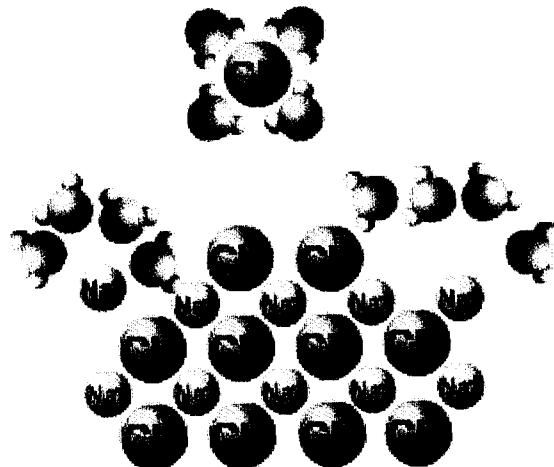


Рис. VIII. Связывание воды с хлоридом натрия

#### Водосвязывающая способность мяса

ожет служить растворителем. Таким образом, система капилляров удерживает с различной степенью прочности водный раствор растворимых составных частей материала.

Так как капиллярное давление жидкости зависит от величины поверхностного натяжения, то вещества, изменяющие его, влияют на прочность связи капиллярной влаги с материалом. Белковые вещества, продукты их распада, а также другие органические вещества, являясь поверхностно-активными, снижают поверхностное натяжение. Неорганические электролиты, в том числе хлористый натрий, будучи поверхностно-неактивными, наоборот, повышают его. Поэтому прочность связи капиллярной влаги с мясопродуктами зависит от содержания в них поваренной соли.

Количество капиллярной влаги в мясе и мясопродуктах зависит:

- от степени развития капиллярной системы в структуре сырья. В неразрушенном мясном сырье, цельномышечных и реструктуризованных мясопродуктах функцию капилляров выполняют клетки мышечных волокон, сеть кровеносных и лимфатических сосудов. В колбасных изделиях образование пор и капилляров происходит (несмотря на применение вакуумирования фаршей и осадки) в результате денатурационно-коагуляционных превращений белков при термообработке;
- от степени автолиза сырья (в процессе созревания изменяются не только характер взаимодействия белков, но и диаметр пор и капилляров, а также их количество);
- от условий предварительной обработки сырья: разволокнение структурных элементов мяса при использовании тендеризации, массирования, тумблования существенно увеличивает долю капиллярной влаги. При этом необходимо учитывать, что часть воды в мясе удерживается в закрытых порах; это явление наиболее свойственно говядине, для которой характерны повышенная прочность оболочек клеточных структур и компактность их расположения в составе пучков и мышц. «Закрытая» влага негативно влияет на качество мясопродуктов, их сочность, консистенцию и выход, в связи с чем для говядины рекомендуется применение более длительных и «жестких» режимов механической обработки. В ряде случаев следует перед массированием провести тендеризацию сырья (игольчатыми, ножевыми или сабельными рабочими органами) для нарушения целостности закрытых пор и капилляров;
- от диаметра пор и капилляров, температуры среды и вязкости жидкости.

Наиболее прочно вода удерживается в материалах, размеры капилляров которых приближаются к размерам молекул (желатиновый студень, плазма крови). В них слой адсорбционно связанной воды занимает значительную долю от общего количества влаги микрокапилляров.

На этапе поглощения мясом жидкой фазы следует максимально снизить уровень ее вязкости; на этапе удерживания влаги капиллярами – повысить вязкость, чему будет способствовать снижение температуры среды. Капиллярная влага влияет на объемные свойства материала: неполнотью заполненные капилляры, имеющие эластичные стенки, могут сжиматься, и, как следствие, будет происходить деформация мясопродуктов, снижение их выхода, уменьшение сочности, на уровень которых капиллярная влага оказывает решающее влияние.

Следует отметить, что рассмотренные выше три формы связи воды в мясе и мясопродуктах взаимосвязаны; характер их влияния на качество изделий можно представить схематически (рис. 4.5).

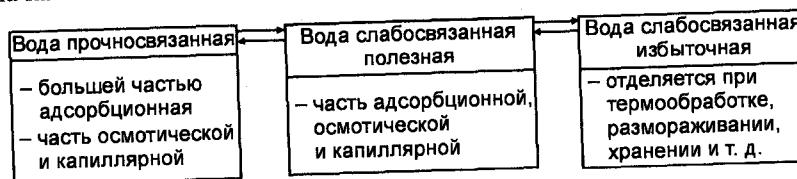


Рис. 4.5. Формы связи воды в мясе и мясопродуктах

Как следует из рис. 4.5, к прочносвязанной воде относится в основном большая часть адсорбционно и осмотически связанной воды. При этом следует иметь в виду, что вода слабосвязанная полезная и избыточная также является адсорбционно и осмотически связанной, однако доля полезной и избыточной воды зависит от множества факторов, включая вид и состояние сырья, его состав, условия и параметры технологической обработки, уровень pH, ионный состав среды, температуру и т. д. В частности, по мере развития автолитических процессов (при неизменном содержании в мясе воды) в мышечной ткани, как правило, происходит увеличение доли адсорбционно связанной воды, а это, в свою очередь, приводит к перераспределению воды: снижается доля фактически связанной осмотической и капиллярной влаги, что существенно повышает общий потенциал водосвязывающей способности. В результате хорошо созревшее мясо, в котором мышечные белки разблокированы, мышечные волокна расслаблены, а у клеточных оболочек восстановлена проницаемость, эффективно и прочно удерживает воду за счет всех трех форм связи.

Сырец, подвергавшееся длительному низкотемпературному хранению, с пониженным содержанием мышечной ткани, либо имеющее признаки PSE и RSE, будет иметь низкий уровень ВСС как по отдельным формам связи, так и в целом.

Таким образом, знание сущности процессов связывания мясом воды и понимание значения отдельных физико-химических и технологических факторов в формировании ВСС позволяют направленно регулировать соотношение прочносвязанной (полезной) и слабосвязанной (полезной и избыточной) воды в мясных системах, оптимизировать параметры обработки сырья, максимально использовать его функционально-технологический потенциал, улучшить качество готовой продукции, повысить рентабельность производства.

В современной технологии мясопродуктов с целью повышения уровня ВСС исходного сырья, мясных систем и готовых изделий применяется обширная группа пищевых добавок, ингредиентов и препаратов, которые условно можно разделить на низко- и высокомолекулярные. К низкомолекулярным в первую очередь относят соли фосфорных кислот (пищевые фосфаты), которые, сдвигая pH среды от изоэлектрической точки и обеспечивая диссоциацию актомиозинового комплекса, увеличивают количество гидрофильных центров у мышечных белков и, соответственно, долю адсорбционно связанной воды. Высокомолекулярные вещества подразделяют на белоксодержащие и полисахаридные. Белоксодержащие ингредиенты не только способны оказать позитивное влияние на уровень ВСС мясных систем в связи с наличием в них собственных свободных гидрофильных центров, но и позволяют в определенной степени повысить количественное содержание белка в готовом продукте, либо скорректировать его аминокислотный состав. К белоксодержащим ингредиентам относят молочно-белковые, соевые препараты, яйцепродукты, плазму крови и ее производные, коллаген и продукты его гидролиза, а также их коммерческие смеси. Наряду с высокой ВСС практически все белоксодержащие препараты обладают структурирующим действием.

Водосвязывающие ингредиенты полисахаридной природы включают группу веществ, соединений и их композиций, превалирующее место среди которых занимают крахмалы (нативные и модифицированные), каррагинаны, камеди и др. Большинство полисахаридов реализует свой водосвязывающий потенциал после термообработки. Нормы их технологического использования – от 0,3 до 4%. Принципиального влияния на биологическую ценность мясопродуктов они не оказывают, хотя часть из них способна выполнять функцию пищевых волокон.

При практическом использовании высокомолекулярных ингредиентов и препаратов следует иметь в виду, что существенное влияние на их водоудерживающую и водоудерживающую способность могут оказывать такие физико-химические факторы, как pH и ионный состав среды, специфика состава мясной системы, степень диспергирования, уровень набухания, температура термообработки и т. д.

Принципиально важным для технолога колбасного производства является знание водоудерживающего потенциала различных видов мясного сырья и основных ингредиентов рецептур. В результате многолетних исследований отечественными и зарубежными специалистами были установлены уровни гарантированной водоудерживающей способности обширной группы сырья, используемого в производстве мясопродуктов (табл. 4.1).

#### 4.1. Значения водоудерживающей способности основных видов сырья и ингредиентов (кг воды на 1 кг сырья)

Вид сырья	Содержание мышечной ткани, %	ВУС, кг воды на 1 кг сырья
Говядина:		
высшего сорта	95	0,50–0,52
I сорта	85	0,40–0,47
II сорта	70	0,30–0,38
односортная	90	0,46–0,50
жирная	5	0,02–0,03
Свинина:		
нежирная	95	0,50–0,52
полужирная	70	0,30–0,35
полужирная	50	0,27–0,28
жирная	45	0,23–0,25
жирная	30	0,15–0,17
Рулька	65	0,30–0,36
Сало	5	0,02–0,03
Шпик хребтовой	–	0,0
Колбасная говяжья жилка (после гидролиза в пищевых кислотах)	–	0,2
Колбасная свиная шкурка:		
сырая	–	0,20–0,30
термообработанная	–	3,00–4,00
Мясо механической дообвалки (птица)	10	0,15–0,25
Сухой яичный альбумин	–	6–7
Желатин	–	12–25

#### Водосвязывающая способность мяса

Продолжение табл. 4.1

Ингредиенты	ВУС, кг воды на 1 кг сырья
1	2
Молочно-белковые препараты:	
сухое молоко	0,8–1,0
сухая сыворотка молока	0,6–0,8
казеинат натрия	3,5–4,2
сухая смесь яично-молочных белков типа «Промикс» 8617	3,0–3,5
Соевые белковые препараты:	
мука	2,0–2,5
концентраты	3,0–4,4
изоляты	5,0–6,0
текстураты	2,0–2,8
функциональные концентраты	4,0–5,0
Препараты на основе плазмы крови:	
сухая плазма	8,0–12,0
типа «ТИПРО» (AMP)	5–7 (12)
«Gitpro-D»	7,0–8,0
плазма + молочные белки	3,5–5,0
Препараты на основе коллагенсодержащего сырья:	
типа «Универсал»	
типа «Миогель»	3–4
типа «Кат-Про»	10–28
типа «СканПро Т-95»	
в холодном виде	9–11
после термообработки	18–20
типа «Gitpro-P»	10–15
типа «Gitpro-BP»	12–20
Препараты каррагинанов (в зависимости от степени очистки или состава смеси)	20–150
высокоочищенные: MSC (HGE, GHG, WG-3, MSC 14508), «Келко»	50–150
полуочищенные: CK-206, CK-200, CK-207, GPI-200, «Митпрогель», «Дельтагель»	20–50
смеси: «Миттель», «Омгель», «Рондагам», «Румикс»	30–70
Препараты клетчатки:	
пищевые пшеничные	4–7
пищевые тростниковые	6–10
пищевые волокна гороха	1,0–1,2

Продолжение табл. 4.1

1	2
пищевые свекловичные волокна	5,0–5,3
отруби пшеничные	1,2–1,5
Камеди:	
конжак	50–70
ксантан	20–30
режковая	15–20
гуаровая	25–30
тари	10–15
Препараты целлюлозы:	
КМЦ	100–200
МКЦ	10–20
Альгинат натрия	15–20
Крахмал:	
нативный	0,5–1
модифицированный	3–4
Мука:	
рисовая	4,0–5,0
пшеничная	0,9–1,2
нуговая	1,8–2,5

Разброс в значениях ВУС обусловлен возможными различиями в состоянии мясного сырья (уровень pH, его термическое состояние, степень жиловки и т. д.) и количественным содержанием базового ингредиента в составе коммерческих препаратов (например, степенью очистки каррагинана).

Применительно к мясному сырью уровень максимально возможного количества добавляемой технологической воды, в частности при куттеровании, можно также рассчитать (с учетом специфики жиловки и сортировки мяса на конкретном производстве) следующим образом:

$$B = \frac{M \cdot B \cdot 0,55}{100},$$

где  $B$  – количество воды, гарантированно удерживаемой мясным сырьем, кг;  $M$  – содержание данного вида сырья в составе рецептуры, кг;  $B$  – содержание мышечной ткани в данном виде сырья, %; 0,55 – коэффициент.

Ориентируясь на приведенные выше данные, технолог имеет реальную возможность в производственных условиях достаточно точно определить количество водоледянной смеси, добавляемой при

куттеровании, оптимизировать качество готовой продукции и величину выхода.

Для примера рассмотрим схему расчета необходимого количества технологической воды, добавляемой в куттер к основному сырью при приготовлении фарша для вареной колбасы (табл. 4.2).

#### 4.2. Расчет расхода технологической воды при приготовлении фарша для вареной колбасы

Вид сырья	Содержание, кг	Расчетное количество технологической воды, кг	
		Потенциальная ВУС, кг воды на 1 кг сырья	Расчетное количество технологической воды, кг
Говядина I сорта	50	0,47	23,5
Свинина полужирная	20	0,28	5,6
Мясо мех. обвалки	10	0,25	2,5
Гидратированный (1:4) соевый концентрат	16	4,0	(+12 л воды на гидратацию 4 кг СБК)
Молоко сухое	1	1,0	1,0
Мука пшеничная	3	1,0	3,0
Итого	100		35,6

Расчетное количество воды (35,6 кг) может быть максимально введено при приготовлении мясной эмульсии, которая в последующем будет отформована в проницаемые оболочки (натуральную, белкозиновую, целлофановую и т. д.) и в процессе нагрева потеряет часть слабосвязанной избыточной воды за счет испарения.

Как правило, величина термопотерь в период обжарки составляет (в %): для вареных колбас – 4–7, для сосисок – 10–12, для полукуреных колбас – до 7. В случае использования паро-, газоводонепроницаемых колбасных оболочек количество технологической воды должно быть уменьшено на 5–14% от расчетной величины (в зависимости от степени усадки оболочки, ее диаметра и марки) во избежание образования отека.

В заключение следует отметить, что с учетом очевидной взаимосвязи уровня ВСС мясного сырья с количественным содержанием в нем белка, жира и собственной воды в современной технологии мясопродуктов широко применяют аналитические методы расчета базовых ингредиентов мяса.

В частности, согласно методу Бэбкока (США), зная содержание жировой ткани, можно рассчитать массовую долю белка и воды в жилованном рассортированном мясе.

Например, исходное сырье – свинина с содержанием жировой и соединительной ткани 30%. Тогда массовая доля белков ( $B$ ) в сырье составит:

$$B = (100 - 30) \cdot 0,22 = 15,4\%,$$

где 0,22 – переводной (экспериментально найденный) коэффициент.

Содержание минеральных веществ в мясе известно и относительно постоянно (0,8–1,0%).

Зная содержание жира, минеральных веществ и белка, можно рассчитать массовую долю воды ( $V$ ) в свинине:

$$V = 76,9 - (0,77 \text{ жир}) = 76,9 - (0,77 \cdot 30) = 76,9 - 23,1 = 53,8\%.$$

Таким образом, понимание сущности и использование в практике физико-химических основ процессов связывания и удерживания воды в мясных системах позволяет уменьшить вероятность появления дефектов в колбасном производстве (отеков, рыхлой консистенции, пористости, расслоения фарша и т. д.), улучшить органолептические показатели продукта, стабилизировать степень его устойчивости при хранении (в отношении микробиологической порчи и снижения доли отделяющейся при вакуумной упаковке свободной жидкости (явление синерезиса), повысить выход готовой продукции.

## ЛЕКЦИЯ 5

### НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ МЯСНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

В Российской Федерации доля эмульгированных колбасных изделий (вареные колбасы, сосиски, сардельки, паштеты, ливерные колбасы и др.) традиционно составляет 65–70% от общего объема производимых мясопродуктов.

Отличительной особенностью процесса производства этой группы мясопродуктов является то, что в результате тщательного измельчения сырья полученный фарш приобретает уникальные свойства: активно связывает воду и жир, формирует вторичную структуру, проявляет вязко-пластические свойства и т. д.

По мнению специалистов, сырье колбасные фарши, содержащие 50–75% воды и до 40% жира, можно отнести к эмульсиям типа «жир/вода».

С позиций классической коллоидной химии под эмульсиями понимают смесь двух взаимно несмешивающихся жидкостей, одна из которых распределена в другой в виде мелких капель. Учитывая, что в некоторых эмульсиях одна из жидкостей может пребывать в жидкокристаллическом состоянии, это определение в настоящее время уточнено: эмульсией называют смесь двух несмешивающихся жидкостей, одна из которых диспергирована в другой в виде жидких капель или жидких кристаллов. При этом совершенно очевидно, что даже уточненное определение не описывает в полной мере мясные эмульсии, поскольку это гораздо более сложные дисперсные системы.

Как правило, концентрация белка в мясных эмульсиях достаточно высока (превышает либо приближается к их ККГ (критическая концентрация гелеобразования)), что не только обеспечивает физико-химическую стабилизацию жира и воды за счет образования адсорбционных стабилизирующих слоев, но и предопределяет возможность формирования гелевых структур в межфазных слоях, т. е. мясные эмульсии структурированы несколькими способами. Таким образом, фарш эмульгированных мясных продуктов, а также готовые колбасные изделия – это комбинация дисперсных систем, структуру которых определяют мясные белки.

Основной операцией приготовления фарша является куттерование, при котором происходит измельчение мышечных и соединительнотканых волокон, экстракция мясных белков (которая наиболее полно осуществляется в присутствии поваренной соли и фосфатов), а также эмульгирование жира. В результате образуется полидисперсная гетерофазная пищевая система, к которой можно применить термин «мясная эмульсия». При этом дисперсной фазой является эмульгированный жир, а дисперсионной средой – вода, вернее, коллоидный раствор саркоплазматических и миофибрillлярных белков, в котором равномерно распределены набухшие частицы измельченных мышечных и соединительнотканых волокон разного размера, фрагменты миофибрилл, оболочки жировых клеток, агрегаты актомиозинового комплекса, частицы пряностей, водорастворимые минеральные вещества.

Таким образом, дисперсионная среда такой эмульсии является самой сложнейшей коллоидной системой, которую в научной литературе называют «матриксом».

Матрикс сырьих фаршей представляет собой тиксотропный гель коагуляционной структуры, который образуется вследствие взаимодействия белков, а также диспергированных частиц мышечных и соединительнотканых волокон. После термообработки в результате денатурации и агрегации белков мяса коагуляционная структура матрикса преобразуется в конденсационно-кристаллизационную, которая удерживает частицы дисперсной фазы (жировые шарики), воду и другие элементы, входящие в состав дисперсионной среды.

Результаты световой и электронной микроскопии подтверждают правильность теоретических подходов к механизму получения мясных эмульсий; анализ макро- и микроструктуры мясного фарша показывает, что его основой является эмульсия, содержащая жировые шарики размером 1–50 мкм, окруженные белковыми капсулами и равномерно распределенные в структурированном матриксе, в ячейках которого находятся также морфологические элементы мясного сырья.

В упрощенном виде, по мнению австрийских специалистов (фирма «Виберг»), структура фарша подобна пчелиным сотам (рис. 5.1): диспергированные частицы жира окружены оболочкой из солерастворимых белков, которые одновременно связывают воду и образуют в ней объемный структурированный каркас, содержащий растворимые вещества и нерастворимые частицы мясной эмульсии.

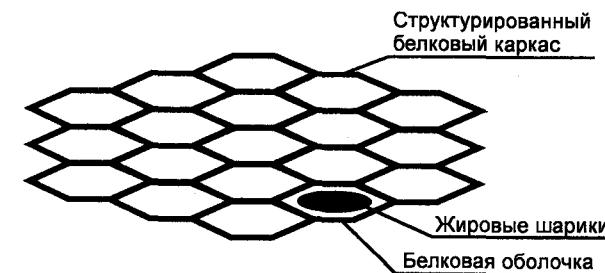


Рис. 5.1. Схематическое изображение структуры мясной эмульсии

Одна из главных задач практической технологии – получение стабильных (термодинамически устойчивых) эмульсий.

Неустойчивость мясной эмульсии может проявляться не только в виде флокуляции и коалесценции частиц жира, результатом которых является разделение системы на жировую фазу и матрикс, но и в виде дестабилизации собственно матрикса, приводящей к отделению воды.

Основными компонентами эмульгированных мясопродуктов, обеспечивающими их структуру и устойчивость, являются белки мяса. Наиболее важными свойствами мясных белков являются эмульсионные свойства, водоудерживающая способность, растворимость в воде в присутствии поваренной соли с образованием высоковязких растворов, способность к термотропному гелеобразованию. Естественно, что в мясной системе должно быть достаточное количество мясных белков для реализации всех свойств.

При диспергировании жира в водных растворах белка образуется большая поверхность раздела фаз, на которой адсорбируется белок. Его концентрация в водной фазе (матриксе) снижается по мере роста поверхности, например, при повышении содержания жира, увеличении скорости или продолжительности куттерования. Для мясной системы это означает, что при небольшом содержании белков и высоком содержании жира в системе белка может оказаться недостаточно для стабилизации образовавшейся поверхности. Вследствие этого частицы жира будут коалесцировать на стадии приготовления фарша либо при термообработке, которая ускоряет

процесс коалесценции. Может наблюдаться и другая ситуация, когда для стабилизации поверхности частиц жира белка достаточно, но его концентрация в водной фазе мясной системы падает ниже уровня критической концентрации гелеобразования. В обоих случаях возрастает риск получения неустойчивых пищевых систем, что отрицательно сказывается на свойствах фарша, а также на структурно-механических и органолептических свойствах готового продукта.

Устойчивость эмульсий главным образом предопределяется наличием в дисперсной системе белка. Но, как известно, белковый компонент мясного сырья представлен широким спектром белков: мышечных, соединительнотканых, белков крови и других, зачастую кардинально различающихся по количественному содержанию и соотношению в отдельных видах сырья, структуре, свойствам и, в частности, по уровню эмульсионной способности.

Даже в составе мышечной ткани набор белков достаточно велик: миофибриллярные, саркоплазматические, белки сарколеммы. Общий химический состав мышечного волокна таков (в %): вода – 76; общий белок – 20, в том числе миофибриллярные белки – 11, саркоплазматические – 6, соединительнотканые – 3; жир – 1; гликоген – 1; соли и азотистые соединения – 2.

Естественно, что каждая группа и вид белков в разной степени способны участвовать в процессе формирования мясных эмульсий.

Водорастворимые, или саркоплазматические белки (миоген, миоальбумин, глобулин-Х, миоглобин), выделяющиеся из сырья, как правило, в виде «мясного сока», составляют 25–30% от общего белка. Согласно литературным данным, активного участия в стабилизации мясных эмульсий эти белки не принимают, хотя в процессе эмульгирования часть из них, очевидно, способна участвовать в формировании матрикса. При этом одновременно имеется предположение, что водорастворимые белки даже могут вступать в конкурентные отношения с солерастворимыми и таким образом негативно влиять на устойчивость получаемых систем.

При нагреве водорастворимые белки коагулируют, образуя мягкий гель, при повышенной их концентрации это приводит к появлению рыхлости в готовой продукции. Таким образом, степень стабильности эмульсий, получаемых при куттеровании, во многом зависит от количественного содержания в сырье водо- и солерастворимых белков.

Нативный (сырой) коллаген соединительной ткани практически не способен химически связывать жир, однако при нагревании в присутствии воды он превращается в глютин, желатозы и желатин – вещества, легко образующие гели, хорошо связывающие воду (до

20–25 частей воды на 1 часть сухого желатина), но обладающие ограниченной способностью к эмульгированию жира. В мясных системах повышение устойчивости эмульсий в присутствии продуктов гидролиза коллагенсодержащего сырья, как правило, происходит не столько за счет собственной эмульсионной и жirosвязывающей способности глютамина и желатоз, сколько вследствие связывания избытка свободной и слабосвязанной воды в дисперсионной среде и увеличения ее вязкости.

В целом наличие в мясных изделиях эмульсионного типа повышенных количеств коллагенсодержащего сырья приводит к снижению их устойчивости.

Рациональные пределы использования данного вида сырья в рецептурах не должны превышать 5–12%, иначе при последующей термообработке колбасы продукты гидролиза коллагена могут мигрировать из мясной системы, вызывая отделение инкапсулированного жира, образование желеобразного отека под оболочкой, появление резиноподобной консистенции.

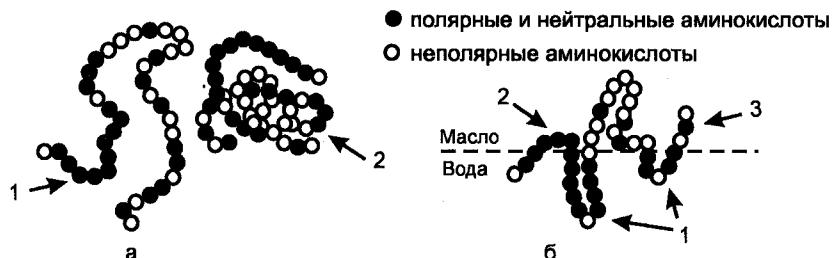
Особое внимание должно быть уделено оценке роли мяса механической дообвалки (ММД). Вследствие низкого содержания мышечных белков ММД характеризуется чрезвычайно малым уровнем ВСС (1:0,25); наличие в его составе легкоплавкого жира (особенно при массовой доле, превышающей 16–18%) может провоцировать появление жирового отека. Корректировку негативных функциональных свойств ММД при его использовании в производстве эмульгированных мясопродуктов, как правило, осуществляют путем дополнительного введения в рецептуры значительных количеств ингредиентов, обладающих выраженным гелеобразующими, эмульгирующими и стабилизирующими свойствами (соевые и молочно-белковые препараты, модифицированные крахмалы, каррагинаны, их смеси и т. п.).

Как уже подчеркивалось, решающая роль в эмульгировании жира и образовании вокруг диспергированных шариков белковых мембран принадлежит водо- и солерастворимым белкам. Показано, что, обладая свойствами поверхностно-активных веществ (ПАВ), водорастворимые белки могут удержать 30 мл жира на 100 г белка; солерастворимые – до 40–45 мл на то же количество белка.

Следует отметить, что количественное содержание и соотношение водо- и солерастворимых белков в мясном сырье, кроме влияния на эмульсионные свойства, предопределяет также проявление им ряда весьма существенных признаков. В частности, при наличии в сырье повышенных количеств водорастворимых белков (т. е. когда

их доля превышает содержание солерастворимых) фарш имеет слабовыраженную липкость, низкую адгезию, плохую формуемость, слоистость; соответственно, готовые колбасы характеризуются рыхлой консистенцией, крупчатостью, низкой водоудерживающей способностью. При относительно равном соотношении водо- и солерастворимых белков сырье и мясные эмульсии обладают высокой водосвязывающей, гелеобразующей и эмульсионной способностями, фарши стабильны по свойствам, обладают высокой липкостью. Как правило, солерастворимые белки преобладают в составе сырья с низким содержанием жира. Таким образом, миофibrillлярные солерастворимые белки, к которым относятся миозин, актин, тропомиозин, тропониновый комплекс, выполняют основную функцию в образовании и стабилизации мясных эмульсий.

В силу особенностей пространственной структуры (рис. 5.2) солерастворимые белки обладают большим количеством гидрофобных и гидрофильных групп, существенно понижают межфазное напряжение, прочно адсорбируются на поверхности «вода–жир».



**Рис. 5.2. Особенности пространственной структуры белков:**  
**а** – белок с преимущественным расположением полярных аминокислот в интерьере белковой глобулы: 1 – денатурированная молекула; 2 – нативная молекула;  
**б** – наиболее вероятное расположение адсорбированной молекулы белка на межфазной поверхности: 1 – петли, 2 – сегмент, 3 – хвост

Установлено, что молекулы солерастворимых белков имеют площадь поверхности, доступную для стабилизации масла (жира), в 50 раз большую, чем водорастворимые белки; фибрillлярные белки характеризуются лучшими эмульгирующими свойствами по сравнению с глобулярными.

Миозин – основной эмульгатор, стабилизатор и структурообразователь мясных эмульсий, количественно преобладающий в составе мышечных белков (50–54% вместе с фракциями), в связи с чем техно-

логу необходимо представлять, какие параметры технологического процесса могут обеспечить максимальную реализацию его потенциала.

Напомним, что миозин – водо-, солерастворимый белок; изоэлектрическая точка находится в диапазоне 5,3–5,4, т. е. при этих условиях (характерных для мяса, имеющего признаки PSE и RSE) он в минимальной степени проявляет водосвязывающую и структурирующую способности. Варьирование pH среды вызывает конформационные изменения структуры молекулы белка, что сопровождается изменениями ее растворимости, степени гидрофобности и, соответственно, эмульсионной способности (ЭС). Для разных групп белков существуют определенные значения pH, при которых может быть достигнута максимальная ЭС: для солерастворимых белков эта область pH соответствует 6–8; для водорастворимых белков – 5,2.

С учетом важности роли миофibrillлярных солерастворимых белков регулирование pH мясных систем проводят (путем использования индивидуальных либо комплексных фосфатов), сдвигая реакцию среды в сторону нейтрального диапазона 6,0–6,8. Для готовых фаршей группы вареных колбас, сосисок и сарделек наиболее rationalным считают интервал pH 6,2–6,7 (преимущественно 6,4): при этих условиях эффективно работают мышечные белки, normally протекает реакция цветообразования (миоглобин + нитрит натрия), готовая продукция достаточно устойчива к микробиологической порче, не приобретает «мыльного» привкуса и т. д.

Оптимальная концентрация поваренной соли, обеспечивающая экстракцию миозина, повышенные набухаемость, растворимость, ВСС, гелеобразующую и эмульгирующую способности, составляет (по разным сведениям) от 4 до 5–7%, что может быть достигнуто на практике путем внесения всей закладки поваренной соли (2–2,5 кг на 100 кг основного сырья) или введения концентрированного переохлажденного рассола непосредственно на нежирное сырье на первой фазе куттерования. Простейший расчет показывает, что, например, при доле говядины I сорта 30% в составе рецептуры добавление поваренной соли в количестве, предназначенном для замеса 100 кг, позволит получить необходимый уровень концентрации:

$$\frac{30 \text{ кг говядины I сорта}}{2 \text{ кг соли}} = \frac{\text{условно } 100\%}{x\%},$$

$$x = \frac{2 \cdot 100}{30} = 6,6\%.$$

Этот прием используют при производстве вареных колбас, сосисок, сарделек из нежирного блочного сортированного сырья без

его предварительного размораживания, а также полукопченых, варено-копченых колбас, сервелатов и салами с применением подмороженного сыра.

Использование высоких концентраций соли для инициирования процессов структурирования мясных систем миофибриллярными белками – простой и весьма распространенный способ. В большинстве случаев при производстве мясопродуктов поваренную соль вносят в сырье в значительно меньших концентрациях (1,8–2,5%): при этом происходит растворение только части миофибриллярных белков; остальные набухают, приходя в состояние, близкое к растворению.

Собственно механизм действия поваренной соли заключается в связывании хлорид-ионов миофибриллярными белками при pH выше изоэлектрической точки, что приводит к повышению суммарного отрицательного заряда белка и, соответственно, силы отталкивания. При этом молекулы воды и частицы жира лучше проникают в белковую сетку, растворимость, ВСС и ЭС возрастают. Именно по этим же причинам в начале куттерования нежирного сырья процесс ведут в присутствии минимального количества добавляемой воды; введение больших количеств водоледянной смеси вызывает «разбавление» системы, концентрация соли снижается, эффективность экстракции белков резко падает. При этом одновременно уменьшается концентрация самих солерасторимых белков, ответственных за формирование мясной эмульсии. Разжижение фарша за счет раннего либо избыточного введения воды на первой фазе куттерования имеет еще один аспект: в результате снижения вязкости фарша падает эффективность процесса разрушения клеточных структур мясного сырья, что приводит, с одной стороны, к уменьшению степени высвобождения и экстракции белков, а с другой – к плохой разработке фарша. По этим причинам лучше всего воду добавлять небольшими порциями, которые сразу поглощаются мясом без остатка свободной жидкости.

Рекомендуемый уровень введения водоледянной смеси на первом этапе – не более 1/3 от общего количества технологической воды; добавлять ее следует не ранее, чем через 30–40 с после начала куттерования.

Некоторые специалисты считают целесообразным вводить водоледянную смесь 6–8 дозами в ходе всего процесса куттерования.

Вопрос определения количества вносимой при куттеровании технологической воды (водоледянной смеси) является принципиально важным. В классических, традиционных рецептурах рекомендуется добавление 10–35% воды к массе мясного сырья. В современных условиях, характеризующихся изменениями химико-технологических свойств

мяса, ухудшением его качества, использованием в составе рецептур значительных количеств неординарных видов сырья (ММО, свиная шкурка, мясо птицы, белоксодержащие препараты, белково-жировые эмульсии и т. д.), пищевых добавок (загустители, гелеобразователи, наполнители, регуляторы кислотности), ориентированных на получение супер-выходов, расчет оптимальных количеств технологической воды применительно к составу конкретных рецептур эмульгированных мясопродуктов осуществляют по специальной методике, сущность которой изложена в лекции «Водосвязывающая способность мяса».

При этом очевидно, что решение технолога в пользу того или иного количества добавляемой при куттеровании воды обусловлено несколькими факторами: водоудерживающей способностью используемого сырья и вспомогательных материалов, ограничениями по максимальному содержанию воды в данном виде готовой продукции и экономическими показателями. При избыточном добавлении воды в фарш концентрация белка в системе падает, силы межмолекулярного взаимодействия ослабевают, в результате чего продукт приобретает рыхлую консистенцию, возрастает вероятность появления водожирового отека. В случае недостатка воды мясопродукты будут иметь жесткую резиноподобную консистенцию, пониженные сочность и выход.

Задача технолога – найти компромиссное решение.

Рассматривая факторы, влияющие на функциональные свойства миофибриллярных белков (на примере миозина), необходимо также обратить внимание на значение температурного фактора. Установлено, что температурная зона, обеспечивающая максимальную реализацию структурирующего, водосвязывающего и эмульсионного потенциала миозина, находится в интервале от –8 до +8 °C. Оптимальная температура экстракции миозина составляет +3,8 °C. Именно по этой причине на I этапе куттерования процесс механического измельчения нежирного белоксодержащего сырья (основы будущей структурированной эмульсии) и экстракцию белков проводят преимущественно при температурах от –4 до +6 °C, поддерживая требуемый уровень температуры введением водоледянной смеси либо использованием подмороженного (до –2 °C) мясного сырья.

Показано, что чем больше жира в используемом сырье, тем ниже должна быть его температура при внесении в куттер. Следует отметить, что введение поваренной соли при куттеровании, если мясо не было предварительно посолено, кроме описанного выше воздействия на состояние миофибриллярных белков, также снижает (на 1,2–1,5 °C) температуру фарша; добавление фосфатов и особенно крахмала повышает ее. В частности, после введения крахмала (за

счет выделения теплоты гидратации, составляющей 32 кД/кг) температура фарша может подняться на 3–4 °C, в связи с чем крахмал наиболее целесообразно засыпать в куттер после предварительного снижения температуры фарша до 4–5 °C на второй фазе куттерования (в режиме перемешивания или при работе на малых оборотах).

По аналогичной причине следует добавлять в конце куттерования муку и сухое молоко, которые, кроме повышения температуры, могут, интенсивно поглощая воду при собственном набухании, оказать негативное конкурентное воздействие на процесс экстракции солерасторимых белков мяса.

Говоря о технологической воде и водоледяной смеси, используемых при куттеровании, необходимо обратить внимание на то, что холодная вода является не просто средством для снижения или поддержания требуемого уровня температуры фарша, она представляет собой часть дисперсионной среды, в которой протекают коллоидно-химические процессы.

В этой связи следует напомнить, что белки обладают высокой чувствительностью к pH среды и избирательно реагируют на ее макроэлементный состав. В частности, миозин является кальций-зависимым белком с изоэлектрической точкой в диапазоне 5,2–5,4. Следовательно, в случае использования при куттеровании жесткой воды, характеризующейся повышенным содержанием ионов кальция и магния и, как правило, имеющей низкие значения pH, можно спровоцировать конформационные изменения белковых макромолекул, агрегацию и коагуляцию (выпадение в осадок) миозина, что неизбежно приведет к резкому ухудшению его функциональных свойств и потере устойчивости мясной системы.

Следует отметить, что в технологии эмульгированных мясопродуктов контроль характера изменения температуры на различных этапах процесса куттерования является одним из главных (наряду с сенсорно-субъективной оценкой степени измельчения сырья, равномерности распределения ингредиентов рецептуры, нарастания липкости фарша) показателей, позволяющих эффективно влиять на свойства получаемых мясных эмульсий.

Типичные термограммы, характеризующие динамику температуры на различных этапах куттерования фарша при работе с охлажденным (рис. 5.3) и замороженным (рис. 5.4) сырьем, хорошо коррелируют с рассмотренными выше основными теоретическими положениями.

На первой фазе куттерования, кратковременной, но весьма ответственной, гомогенизация мышечных структур, экстракция и интенсивное набухание белков – связывание воды и инициирование процесса гелеобразования – происходят в условиях механического

измельчения сырья при одновременной оптимизации физико-химических параметров процесса: изменении величины pH среды (фосфаты), ионной силы (поваренная соль и фосфаты), секвестрировании избытка ионов кальция и магния (фосфаты), поддержания температуры в диапазоне от –8 до +8 °C.

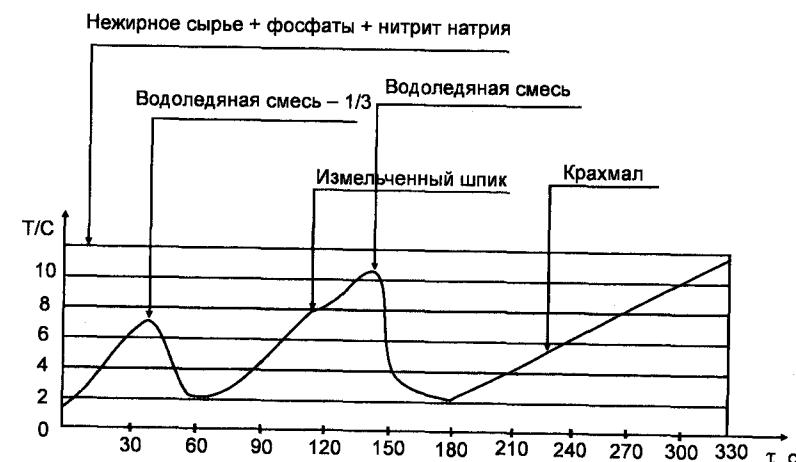


Рис. 5.3. Изменение температуры фарша при куттеровании (охлажденное сырье)

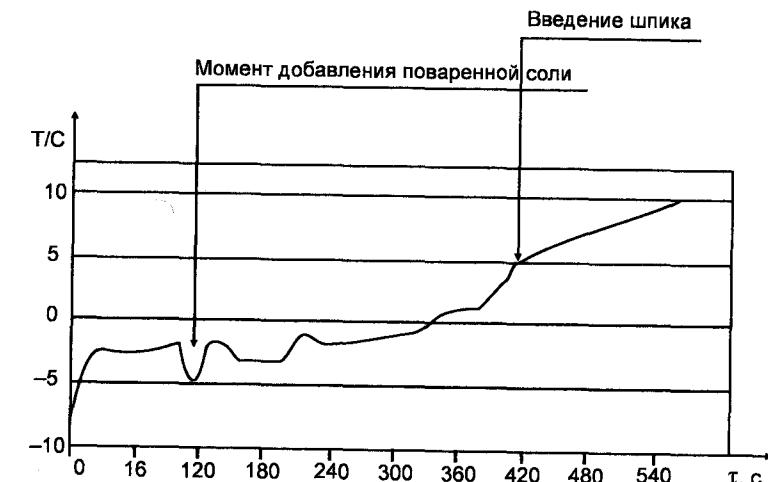


Рис. 5.4. Изменение температуры фарша при куттеровании (замороженное сырье)

В производственных условиях обработку нежирного белоксодержащего сырья преимущественно заканчивают при достижении температуры от 4 до 6 °С. При этом для достижения требуемого технологического эффекта наиболее рационально фосфаты добавлять в растворенном виде; раствор нитрита натрия закладывать в начале куттерования на миоглобинсодержащее сырье, используемые колоранты и комбинированные смеси, содержащие, как правило, набор специй и фосфаты – на нежирное сырье.

Продолжительность первой фазы куттерования может варьировать в зависимости от содержания соединительной ткани в мясе, скорости резания, температурных характеристик сырья и других факторов; обычно она составляет 1–3 мин.

На второй фазе куттерования, направленной на обеспечение условий для максимального участия жира в процессе эмульгирования и заключающейся в диспергировании жира, его равномерном распределении в мясной системе, образовании межфазного адсорбционного слоя и получении собственно эмульсии, процесс ведут при более высоких скоростях вращения ножей и чаши и уровнях температуры от 6 до 12 °С.

Вследствие более мягкой структуры жира для его измельчения требуется меньшая продолжительность обработки.

В зависимости от вида жirosырья и технических характеристик используемого куттера степень дисперсности жира, как правило, варьирует в диапазоне от 0,1 до 200 мкм. Оптимальным считают диаметр частиц в интервале 5–25 мкм; наиболее распространенная в промышленности степень дисперсности – 20–75 мкм.

В результате измельчения жirosырье превращается в смесь из неповрежденных жировых клеток и капель жира, вытекающих из разрушенных жировых клеток. По мере разрушения клеток и повышения температуры среды высвобождается и диспергируется все большее количество жира, которое необходимо связать и стабилизировать.

В условиях снижения поверхностного натяжения в результате диспергирования жира солерастворимые белки, обладающие большим количеством гидрофобных и гидрофильных групп, обеспечивают ориентацию полярных групп к воде, а неполярных – к жиру, образуя, таким образом, межфазный адсорбционный слой. При этом, так как мясная система имеет pH выше изоэлектрической точки мышечных белков, они в основном заряжают поверхность жировых шариков отрицательно, что приводит к электростатическому отталкиванию последних. Кроме того, вследствие наличия в дисперсионной среде значительного количества мышечных белков, ее вязкость дос-

таточно высока, и это существенно повышает кинетическую устойчивость системы, несмотря на то, что размер частиц жира колеблется в широких пределах. Одновременно белки, вступая в межмолекулярное взаимодействие, формируют структурированный пространственный каркас, придавая эмульсии вязкопластические свойства.

Количество вводимого при куттеровании жirosырья взаимосвязано с концентрацией мышечных солерастворимых белков в фарше: чем их больше, тем выше эмульгирующая способность и, соответственно, выше допустимая норма жира.

Найдясь в составе эмульсии, жир пластифицирует ее, улучшая консистенцию; его присутствие снижает степень усадки готовой продукции (деформация батонов, морщинистость оболочки) и сушки, оказывает существенное влияние на ее органолептические характеристики (вкус, запах, цвет). Снижение содержания жира в вареных колбасах ниже уровня 5–8% приводит к появлению сухой крошливой консистенции даже при достаточно высоком содержании воды.

Установлена взаимосвязь между моментом загрузки жирового сырья, степенью выраженности цвета и состоянием консистенции готовых вареных колбас: чем раньше к нежирному сырью добавлен шпик либо другой жirosодержащий компонент, тем светлее цвет и мягче консистенция. Позднее введение жirosырья в куттер может привести к образованию бульонно-жирового отека при последующей термообработке.

Существенное влияние на свойства получаемых эмульсий оказывает также скорость загрузки жirosырья, продолжительность и скорость куттерования на второй фазе (табл. 5.1).

### 5.1. Технологические факторы, влияющие на свойства мясных эмульсий на второй фазе куттерования

Технологический фактор	Действие факторов	Технологический эффект
Температура	Ниже 4–8 °С	Затрудняет диспергирование жира
	Выше 15 °С	Приводит к слиянию жировых шариков
Скорость загрузки жirosырья	Быстрое внесение	Затрудняет процесс эмульгирования
	Медленное внесение	Приводит к сильному нарастанию вязкости
Продолжительность эмульгирования	Длительная	Чрезмерно уменьшает размер жировых шариков (возникает опасность перекуттерования); вызывает повышение температуры, снижает устойчивость эмульсий
	Короткая	Недостаточное измельчение жировых шариков, низкая стабильность эмульсии

Выбор температуры ведения процесса на втором этапе куттерования не случаен. Главным образом он обусловлен спецификой свойств жировой фазы (природой, твердостью, температурой плавления). Температура плавления жира зависит от длины цепи молекул глицеридов и соотношения насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. В свином жире больше ненасыщенных жирных кислот, чем в говяжьем, и это предопределяет различия в значениях температур плавления (°С): свиной жир – 28–48, говяжий – 32–52, бараний – 44–55, конский – 30–43, куриный – 23–28, индейки – 31–35, гусиный – 26–34, коровье масло – 28–30.

Следует обратить внимание на то, что даже внутривидовой разброс температур плавления жира является достаточно большим, так как зависит от генотипа животного, рациона его кормления, условий содержания, убоя и т. д.

В современных условиях наличие легкоплавкого жира приводит к появлению серьезных проблем: жировой отек, рыхлость, крохливость шпика в готовых структурных колбасах. Для устранения этих явлений, на наш взгляд, можно рекомендовать перед добавлением жirosыря в состав мясных эмульсий проводить его предварительное кратковременное копчение, посол либо замораживание. Данные виды обработки упрочняют коллагеновую основу жира, в результате чего он менее подвержен плавлению, лучше сохраняет целостность в готовом продукте.

Возвращаясь к рассмотрению роли жира в составе мясных эмульсий, необходимо отметить, что от температуры плавления и твердости жира зависит выбор параметров куттерования на второй фазе (продолжительность, скорость вращения ножей, температура).

Свиной жир диспергируется и эмульгируется легче, чем говяжий, и при более низких температурах; бараний – из-за повышенной твердости ухудшает стабильность эмульсии. Птичий жир, несмотря на низкую температуру плавления и жидкое состояние, неустойчив в составе эмульсий, легко коалесцирует, вызывая разделение фаз. Его применение, как правило, требует дополнительного введения в систему эмульгаторов и жироудерживающих препаратов и тщательного контроля за температурой ведения процесса куттерования.

Регулирование температуры обеспечивает достижение необходимой степени диспергирования жира и распределения его частиц в матриксе.

При температурах ниже 8 °С диспергирование жира затрудняется в связи с более высокой температурой его плавления; с учетом этого обстоятельства на ряде предприятий в зимнее время года, когда мясо сырье имеет очень низкую положительную температуру,

в куттер вместо водоледянной смеси добавляют теплую воду; однако при температурах выше 15 °С происходит чрезмерное разрушение и уменьшение размеров образующихся жировых частиц, приводящее к их слиянию в более крупные капли (флокуляция и коалесценция). Введение фосфатов несколько уменьшает степень негативного воздействия повышенных температур на состояние жировых капель, но не устраняет его полностью.

Кроме того, локальный перегрев фарша (особенно в местах контакта сырья с режущей поверхностью ножей куттера) может вызвать частичную денатурацию белков, а это, в свою очередь, отражается на их основных функциональных свойствах (растворимость, ВСС, гелеобразующая способность) и, соответственно, на стабильности эмульсий.

Повышение температуры фарша в конце куттерования имеет еще одну негативную сторону: чем теплее фарш, тем легче в него «врабатывается» воздух, вызывающий появление пористости, окисление жира, ухудшение цвета и вкуса. По этой причине в ряде случаев (при работе с сырьем, имеющим повышенную температуру, парным мясом) рекомендуется наряду с водоледянной смесью и переохлажденными рассолами использование подмороженного (до –5...–10 °С) шпика и жироодержащего сырья.

С конечной (оптимальной) температурой мясных эмульсий связан еще один технологически важный аспект: температурный диапазон 10–12 °С соответствует границе, за которой начинается интенсивное развитие микроорганизмов, вызывающих порчу, ухудшение качества, пищевые отравления.

По мнению американских специалистов, конечная температура фарша на заключительном этапе куттерования предопределяется рецептурным составом колбас: при преобладании в рецептуре говядины и коллагенодержащего сырья куттерование можно вести до температуры 18 °С; при преобладании в рецептуре свинины температура не должна превышать 13 °С. Иначе говоря, чем меньше в составе рецептуры доли собственно мышечной ткани и больше говядины II сорта, тримминга, мяса механической дообвалки, коллагенодержащего сырья, белково-жировых и белково-коллагеновых эмульсий, крахмала и каррагинана, тем выше может быть уровень температуры фаршей в конце куттерования.

Необходимо отметить, что в последние годы в практике колбасного производства все более широкое распространение получает система дополнительного контроля качества приготовления фаршейваренных колбас путем измерения величины их pH. Показано, что в зависимости от вида и состояния основного сырья, состава, свойств ис-

пользуемых ингредиентов и пищевых добавок уровень pH приготовленных мясных эмульсий в основном варьирует в диапазоне 5,7–6,8. В отдельных случаях – при использовании мяса с признаками PSE – значения pH составляют менее 5,6; отмечены партии фаршей (как правило, приготовленных из сырья пониженной сортности с использованием значительных количеств белковых препаратов, крахмалов, фосфатов, пищевых гидроколлоидов), имеющие pH в области 7,2–7,3. Имеющийся разброс, безусловно, оказывает влияние на величину выхода готовой продукции, ее качество, устойчивость при хранении, долю колбасных изделий, имеющих производственные дефекты и отклонения от стандартных показателей.

В большинстве случаев контроль pH требуется при производстве колбасных изделий высшего сорта или группы «Премиум», в состав рецептур которых входят говядина высшего сорта и свинина нежирная: именно для них характерно наличие признаков аномального развития автолиза и проявление отклонений в функционально-технологических свойствах.

По мнению ведущих отечественных и зарубежных специалистов, наиболее рациональным, в отношении совмещения показателя выхода и интегральных характеристик качества готовой продукции, является уровень pH для мясных фаршей в диапазоне от 6,0 до 6,5.

Взаимосвязь между изменением температуры фарша, уровнем стабильности получаемых эмульсий и продолжительностью куттерования очевидна: чем больше период измельчения, тем выше степень дисперсности и температура. Температуру эмульсии можно снизить добавлением льда, снега и другими способами, а вот последствия чрезмерного измельчения жирового сырья (особенно на заключительном этапе куттерования) могут быть весьма серьезными. Как известно, жировое сырье имеет мягкую консистенцию и требует меньше времени на обработку, чем мясо.

Если эмульсию (колбасный фарш) перекуттеровать, размеры жировых частиц чрезмерно уменьшаются и их общая площадь возрастает настолько, что имеющегося в системе белка может не хватить для эмульгирования всего жира. В результате мясная эмульсия «жир в воде» превращается в эмульсию противоположного типа «вода в жире», т. е. происходит обращение фаз: дисперсная фаза в эмульсии становится средой, а среда – фазой. Итог – водо-жировой отек. Кроме чрезмерной продолжительности процесса куттерования причиной обращения фаз могут стать:

- резкие перепады температуры фарша в процессе его приготовления и особенно – ее понижение до уровня ниже 6 °C в конце куттерования;

- высокое содержание легкоплавкого жира в составе рецептуры;
- использование технологической воды (водоледянной смеси) с повышенной жесткостью.

По мнению некоторых специалистов, эффект перекуттерованного фарша можно устраниТЬ следующим образом: заметив появление расслоения в мясной эмульсии, перейти на режим перемешивания, добавить водоледянную смесь для охлаждения системы до температуры 4–6 °C, искусственно вызвать коалесценцию жира и отделение воды. Затем добавить в фарш сухие белокодержащие препараты (соевые, молочные и др.), связать избыток воды, после чего повторно провести диспергирование и связывание жировой фазы. Для повышения устойчивости системы при этом рекомендуется ввести дополнительно какой-либо эмульгатор.

Несмотря на то, что до настоящего времени во многих нормативных технологических документах регламентируется общая продолжительность процесса куттерования (как правило, от 6 до 15 мин), указанный период является условным: критериями оценки готовности мясной эмульсии считаются степень гомогенности системы, ее структурно-механические свойства (липкость, вязкость, пластичность) при конечной температуре 10–12 °C. При этом понятно, что длительность куттерования во многом обусловлена особенностями используемого сырья и техническими характеристиками оборудования.

Реологические свойства мясных эмульсий зависят от прочности образующегося матрикса, размера жировых шариков, характера их распределения и взаимодействия, от количества воды и форм ее связи в системе.

Заканчивая рассмотрение адаптированных к технологии колбасного производства основ процесса эмульгирования, следует подчеркнуть, что эффективность коллоидно-химических явлений в реальных условиях будет зависеть от множества дополнительных технико-технологических факторов, и в первую очередь от качества (состава, состояния, свойств) основного мясного сырья, от соотношения «жир : белок» и «жир : белок : вода» в системе.

Различия в эмульсионной способности тех или иных видов мясного сырья главным образом обусловлены различиями в содержании как общего белка, так и доли в его составе солерастворимых миофibrillлярных белков. Установлено, что по уровню эмульсионной способности белки мяса различных животных можно ранжировать следующим образом: мясо буйволов > говядина > баранина > свинина > мясо цыплят.

Известны также значения индексов эмульгирующей способности различных видов белков (мг жира в 1 г белка): альбумины крови – 140–150, овоальбумин яйца – 24, миозин – 43, соевые белковые изоляты – 42, желатин – 40–46, казеин – 58, концентрат белков молочной сыворотки – 87. Однако эти данные характеризуют свойства изолированных белков при pH 7,4, что не согласуется с реальной технологической ситуацией, предусматривающей использование конкретных видов сырья и других условий среды.

Имеются сведения об относительном уровне эмульсионной способности некоторых промышленно-выпускаемых препаратов при технологически приемлемых условиях pH: глобин крови – 1, казеин – 2, лизоцим – 10, желатин – 0,5, альбумин сыворотки крови – 0,5.

Этими данными можно руководствоваться в случае введения дополнительных эмульгаторов в систему.

А как же оценить потенциальную способность связывать жир конкретных видов основного используемого мясного сырья?

Поскольку в производственных условиях, как правило, отсутствует возможность аналитического определения содержания солерасторимых белков, то при выборе вида и соотношений основного сырья в составе рецептур эмульгированных мясопродуктов в первую очередь следует учитывать общий химический состав получаемой системы, т. е. количественное содержание белка, воды и жира, так как именно от их соотношения зависит устойчивость получаемых эмульсий.

В качестве «отправной точки» или ориентира можно использовать следующие положения:

- идеальный рецептурный состав колбасы эмульгированного типа включает: 40–45% нежирного мяса, 30% свинины жирной или бокового шпика, 25–30% водоледяной смеси, что по химическому составу соответствует 10–12% общего белка (включая 2–2,5% коллагена), 20–25% жира и 60–70% воды;
- в условиях реального производства количественное содержание белка, жира и воды в составе мясных эмульсий варьирует, соответственно, в диапазонах: 8–22%, 12–35% и 50–76%.

Пониженное содержание мышечных белков (не компенсированное введением белоксодержащих препаратов) приводит к снижению ВСС, опасности образования жирового отека, появлению рыхлости. Увеличение доли (свыше 20–25%) соединительнотканых белков (коллагена), несмотря на возрастание ВУС, сопровождается риском появления желе под оболочкой, наличием сухой, вязкой резиноподобной консистенции. При низком (менее 15%) количестве жира образуются желе и отек, так же как и при избытке введенной при куттеровании воды.

Превышение уровня жира (25–30%) при содержании белка 8–11% (в типовых рецептурах) может снизить величину ВСС, привести к образованию жирового отека, вызвать потерю эмульсии стабильности.

Простейший математический расчет (опыт и практика подтверждают данный факт) показывает, что одна массовая часть белка в охлажденном мясном сырье, имеющем нормальные значения pH, способна максимально связать (заземлюгировать) от 1,2 до 2 частей жира в присутствии 3–5 частей воды.

Гарантированным считают соотношение «белок : жир : вода», равное 1 : (0,8÷1,5) : (3÷5).

Но как в производственных условиях быстро и относительно точно определить количественное содержание белка в мясе?

Сделать это достаточно просто, нужно исходить из содержания жировой и соединительной ткани в используемом сырье, т. е. руководствоваться нормами жиловки и сортировки мяса. При этом можно воспользоваться расчетным методом Бэбкока (США), суть которого изложена в лекции «Водосвязывающая способность мяса».

Знание массовой доли белка, воды и жира в исходном мясном сырье позволяет:

- используя компьютерную программу либо уравнение материального баланса, рассчитать оптимальное соотношение сырья и ингредиентов в составе рецептуры, обеспечивающее получение продукции с заданным уровнем пищевой и биологической ценности;
- оценивать уровень водосвязывающей способности отдельных видов сырья и мясной системы в целом; по соотношению «белок–вода» рассчитывать количество требуемой при куттеровании технологической воды; определять по «буферному числу» соотношениеочно- и слабосвязанной воды;
- оптимизировать соотношение «белок : жир : вода» в конкретной мясной системе.

В случае низкой концентрации мышечного белка, при его недостаточном потенциале (денатурация белков мяса при длительном хранении в замороженном состоянии, сырье с признаками PSE и RSE, коллагенсодержащее сырье, мясо механической дообвалки птицы и т. д.), при повышенном содержании жира в рецептуре можно рекомендовать дополнительное введение в состав мясных эмульсий белковых препаратов. При этом необходимо отметить, что ни один из имеющихся препаратов не может в полной мере заменить по свойствам мышечные белки; наиболее близки к последним препараты на основе белков сои и яйца.

Довольно часто дефицит мышечных белков пытаются компенсировать путем совместного введения в рецептуры мяса механической обвалки (ММО) и коллагенсодержащего сырья. При эквивалентном содержании белка данная смесь имеет уровень эмульсионной и водосвязывающей способности в 3 раза ниже по сравнению с мясным сырьем, что может привести к появлению отеков, образованию желе, ухудшению консистенции, цвета, потере характерного мясного вкуса.

Для устранения этих явлений требуется дополнительное введение как эмульгаторов (способствующих образованию и стабилизации поверхности раздела фаз: лецитин, смесь ди- и моноглицеридов, некоторые виды модифицированных крахмалов и белоксодержащих препаратов), так и стабилизаторов (каррагинан, нативные крахмалы, камеди и др.), связывающих избыток воды, повышающих вязкость, формирующих индивидуальную структурную сетку.

При этом принимают во внимание следующие ранее рассмотренные положения:

- чем больше содержание жира в составе рецептуры, тем выше должна быть концентрация эмульгатора;
- чем выше содержание воды в составе мясной эмульсии, тем больше должно быть введено гидроколлоидов;
- гидроколлоиды повышают устойчивость эмульсий, однако имеет значение правильность выбора вида и концентрации препарата; при малых концентрациях гидроколлоидов эмульсия характеризуется, как правило, низкой вязкостью и стабильностью, что влечет за собой слияние жировых шариков. При повышенных дозах введения гидроколлоидов эмульсия после термообработки приобретет слишком выраженные упруго-эластичные свойства и «пустой вкус».

Знание количественного содержания (и соотношений) белка, жира и воды в исходном сырье и его функционально-технологического потенциала, понимание сущности процесса эмульгирования и соблюдение рациональных параметров куттерования (последовательность внесения ингредиентов, контроль pH, температуры, степени и скорости измельчения и перемешивания) обеспечивают гарантированное получение устойчивых эмульсий и, соответственно, готовых колбасных изделий с хорошими качественными показателями и высоким выходом. Целенаправленное применение белоксодержащих препаратов, гидроколлоидов и эмульгаторов в качестве вспомогательных ингредиентов дает возможность существенно повысить стабильность мясных систем и регулировать их химический состав, структурно-механические свойства, органолептические и технологические показатели.

## ЛЕКЦИЯ 6

### ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ МЯСНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Как отмечалось в предыдущей лекции, основной операцией в приготовлении фарша является куттерование, при котором происходит измельчение мышечных и соединительнотканых волокон, экстракция мясных белков (наиболее полно осуществляется в присутствии поваренной соли и фосфатов), а также эмульгирование жира. В результате образуется полидисперсная гетерофазная пищевая система, к которой можно применить термин «мясная эмульсия». В этой эмульсии дисперсной фазой является эмульгированный жир, а дисперсионной средой – вода, вернее вязкий коллоидный раствор саркоплазматических и миофибриллярных белков. В этом растворе равномерно распределены набухшие фрагменты измельченных мышечных и соединительнотканых волокон разного размера, оболочки жировых клеток, водорастворимые белки актомиозинового комплекса, частицы пряностей, водорастворимые минеральные вещества и т. д.

Характерная особенность мясных дисперсных систем – наличие на границе раздела фаз определенного количества поверхностной энергии, предопределяющей степень выраженности таких явлений, как коалесценция, коагуляция, адгезия, когезия. От них зависит уровень агрегативной (термодинамической) и кинетической (седиментационной) устойчивости системы.

Как известно из технологической практики, устойчивость получаемых мясных систем в первую очередь зависит от:

- вида, структуры, свойств и концентрации белков, выполняющих функцию поверхностно-активных веществ и обеспечивающих связывание воды, эмульгирование жира, формирование структурного матрикса и получение требуемых реологических характеристик мясной системы;
- вида, количества, свойств (температура плавления) жира и степени диспергирования жировой фазы;
- соотношения «белок : жир : вода» в системе;
- физико-химических факторов (рН и ионный состав среды, температура), при которых осуществляется процесс куттерования;
- степени гомогенизации сырья;
- последовательности внесения ингредиентов рецептуры в куттер.

В упрощенном виде сложный комплекс механических, физико-химических и коллоидно-химических процессов, протекающих при куттеровании, сущность фаз куттерования, значение параметров и граничных условий отдельных операций представлены в табл. 6.1.

Эффективность получения устойчивых мясных эмульсий во многом зависит от технических характеристик основного оборудования колбасного производства – куттеров.

На ранее применявшихся тихоходных куттерах (с числом оборотов ножевого вала 960–2500 об/мин) средняя продолжительность гомогенизации сырья на первой фазе составляла 4–6 мин для нежирной свинины и 7–12 мин для говядины II сорта. В новом поколении куттеров «Swoper» производства фирмы «Alpira», имеющих шесть режимов вращения ножей, четыре скорости вращения чаши и два режима перемешивания, период первичного измельчения сырья не превышает 1 мин.

Как известно, конструкторы и производители современных машин и аппаратов для переработки мяса предлагают обширный перечень куттеров, обладающих широким диапазоном технических характеристик:

- емкость чаши 50–1200 л;
- число ножей 2–10 шт.;
- зазор между лезвием ножа и поверхностью чаши для малых моделей 0,8–1,2 мм, для больших – 1,6–2,0 мм;
- частота вращения ножевого вала 100–6200 мин<sup>-1</sup>;
- вакуумные и открытые;
- с непрерывным либо ступенчатым регулированием частоты вращения;
- с ручным или автоматическим управлением и др.

### 6.1. Параметры куттерования и технологический результат

Технологическая операция	Температура, °С		Время, с	Цель операции	Технологический результат
	сырья	фарша			
I фаза Загрузка нежирного белок-содержащего сырья (говядина, нежирная свинина)	< 5	—	—	Грубое механическое разрушение клеточных структур мяса	Увеличение поверхности площади частиц. Нарушение целостности мышечных волокон
Куттерование	—	—	30		
Добавление пищевых фосфатов, поваренной соли, раствора нитрита натрия, 1/3 общего объема водоледяной смеси	—	—	—	Продолжение измельчения. Экстракция миофibrillлярных солерастворимых белков. Активация ФТС-белком путем регулирования условий среды: рН, t, ионная сила	Повышение степени набухания и растворимости белков. Образование непрерывной фазы. Связывание воды. Инициирование процесса образования структурного матрикса
Куттерование	—	До 4–6	—		
II фаза Загрузка жирного сырья	< 5	4–8	30	Диспергирование жира. Равномерное распределение жировых шариков в системе. Образование белковой оболочки вокруг частиц жира	Гомогенизация системы. Образование белками межфазных слоев на границе «жир–вода»
Куттерование	—	До 8–10	—		
Загрузка оставшейся части водоледяной смеси, специй, крахмала	—	—	—	Снижение температуры. Связывание воды. Формирование эмульсии. Образование белковой сетки геля	Перемешивание компонентов. Образование устойчивой структурированной эмульсии с включением в матрикс твердых частиц тканей, специй и т. п. Экстремальные значения липкости и предельного напряжения сдвига
Куттерование	—	До 10–12	—		
Выгрузка	—	< 12	—		

На большинстве куттеров предусмотрены системы контроля температуры фарша, механизированная загрузка и выгрузка, возможность работы в режиме перемешивания при вращении ножей (частота 100–900 мин<sup>-1</sup>) и в обратном направлении (реверс); варырование степени загрузки чаши 0,4–0,8; и др.

Кардинальные изменения технических возможностей куттеров (высокие скорость и степень измельчения, сокращение времени обработки, повышенный энерговвод в кинетически неустойчивую систему и др.) потребовали:

- пересмотра сложившихся представлений о кинетике коллоидно-химических процессов, которые протекают во времени при строго определенной температуре и энергетическом потенциале мясной системы;
- корректировки некоторых параметров процесса собственно куттерования;
- переосмысления значения отдельных технических характеристик куттера, их взаимосвязей и влияния на отдельные параметры процесса куттерования, на состояние и свойства получаемых мясных эмульсий.

Целесообразно рассмотреть некоторые из обозначенных аспектов с технологической точки зрения.

Степень выраженности поверхностных явлений, основанных на энергетическом взаимодействии молекул воды, белков, полисахаридов, жира, ионов и атомов, а также образование структурированного адсорбционного слоя на границе фаз и уровень устойчивости мясных эмульсий во многом зависят от количества и характера изменения любых видов энергии в получаемой коллоидной системе: тепловой, механической, химической и электрической.

Рассматривая с этих позиций высокоскоростное куттерование как динамический процесс действия ножа, движущегося с частотой до 6200 мин<sup>-1</sup>, на клетки мышечного волокна, можно сделать вывод, что наряду с чисто физическим эффектом (измельчение сырья до размера частиц от нескольких миллиметров до 0,1 мм, диспергирование) в мясной эмульсии возникает кавитация.

Кавитация проявляется в виде пульсаций парогазовых пузырьков при воздействии периодического изменения внешнего давления. Это процесс периодического механического разрушения жидкости под воздействием растягивающих напряжений, действующих в ней в фазе разрушения, и последующего восстановления ее целостности в фазе сжатия.

Механизм передачи энергии в эмульсию при кавитационном воздействии имеет «надтепловой» характер, что обусловлено неравновесной термодинамикой явлений в кавитационных пузырьках.

Образующиеся «избыточные» ионы, приобретая сольватные оболочки из структурированной воды, становятся комплексными, что позволяет воде запасти и на какое-то время сохранить избыточное количество энергии. Это приводит к повышению водосвязывающей способности белка. Кроме того, изменяется степень диссоциации растворимых в воде солей.

Как известно, молекула воды представляет собой четырехплюсник, который образован пространственной асимметрией орбит пары электронов, являющихся общими в ковалентных связях атомов водорода с атомом кислорода.

При комнатной температуре каждые 4–5 молекул воды связаны между собой водородными связями. Кавитацией эти связи можно разорвать, однако избыток потенциальной энергии может оказать негативное влияние на механизм межмолекулярного взаимодействия белков и привести к повышению температуры мясной системы. Поэтому целесообразно рассмотреть основные факторы, предопределяющие нагрев мясных эмульсий в процессе куттерования.

Закономерно, что чем больше число ножей, частота вращения чаши куттера и ножевого вала, меньше уровень загрузки, тем выше степень измельчения сырья, короче продолжительность процесса, но тем быстрее повышается температура фарша.

В среднем за один оборот чаши при частоте вращения ножей 3000 мин<sup>-1</sup> (соответствующей линейной скорости около 110 м/с, при которой происходит качественное резание мясного сырья) температура фарша повышается на 2–3 °C. При этом избыток внутренней энергии не только приводит к увеличению температуры, влияющей на функциональные свойства мышечных белков, но и вызывает снижение вязкости системы, расплавление жира (на второй фазе куттерования), ингибирует межмолекулярное взаимодействие белков за счет относительно слабых водородных связей при формировании межфазного слоя и структурированного матрикса эмульсии.

У высокоскоростных куттеров удельный прирост температуры в 1,5–2 раза выше той величины, которая требуется для интенсивного теплоотвода в процессе приготовления эмульсий.

Во избежание перегревания фарша предусмотрено использование нескольких технико-технологических приемов:

- контроль начальной температуры закладываемого в куттер сырья (у нежирного сырья – не выше 4 °C, у жиро содержащего – до –10 °C);

- внесение при куттеровании сухой соли либо переохлажденных (до  $-8\ldots-10^{\circ}\text{C}$ ) рассолов (снижает температуру в среднем на  $1,5^{\circ}\text{C}$ );
- применение традиционных охлаждающих средств (ледяной воды, снега, льда), причем не двумя-тремя порциями, а постепенно (6–8 закладок) по ходу технологического процесса и дифференцированно, в зависимости от характеристик куттера: для машин с частотой вращения ножевой головки до  $3000 \text{ мин}^{-1}$  рекомендуют использовать снег ( $-1^{\circ}\text{C}$ ) и водоледянную смесь ( $-0,5^{\circ}\text{C}$ ); для высокоскоростных установок – чешуйчатый лед ( $-5^{\circ}\text{C}$ );
- изменение скорости вращения ножевого вала и чаши в ходе куттерования: при загрузке сырья, внесении водоледянной смеси, специй, шпика и выгрузке готового фарша процесс вести на малых оборотах; при гомогенизации сырья, экстракции белков и эмульгировании жира – на высоких оборотах.

Одновременно следует обратить внимание на то, что куттерование во второй фазе на предельно возможной скорости (особенно без перехода перед началом выгрузки на малые обороты) может повлиять на степень образования коагуляционных связей между белками и на формирование матрикса эмульсии. В этом случае система теряет вязкость, появляется рыхлая структура, возможен эффект «перекуттерованного» фарша.

Длительное высокоскоростное куттерование целесообразно лишь в случае работы с низкосортным исходным сырьем (говядина II сорта, тримминг, свиная шкурка, колбасная жилка и др.). Это сырье содержит повышенное количество соединительной ткани, требует тщательной гомогенизации и не нуждается в жестком соблюдении температурных параметров;

- контроль уровня загрузки чаши куттера. Коэффициент загрузки зависит от вида используемого сырья, степени его предварительного измельчения, температуры, требований к структуре и консистенции фарша. При максимальной загрузке температура фарша вначале возрастает относительно медленно, но, сравнявшись с температурой окружающей среды (цеха), начинает интенсивно повышаться; при малой загрузке чаши температура фарша возрастает сразу прямо пропорционально продолжительности процесса куттерования.

Рекомендуемые уровни загрузки чаши составляют для варенных колбас, сосисок, сарделек – 70–75%, для сырокопченых колбас – 30–40%.

На скорость нагрева фарша влияет также:

- состояние режущего органа куттера: чем больше число ножей и шире их лезвия, тем быстрее происходит повышение температуры;
- качество и правильность заточки ножей; увеличение угла заточки ( $> 30^{\circ}\text{C}$ ) резко повышает скорость нагрева фарша; при использовании ножей, заточенных по направлению вращения чаши куттера, темп повышения температуры значительно ниже, чем при применении ножей, заточенных против направления движения чаши;
- величина зазора между режущей кромкой ножа и дном чаши;
- способ установки ножей: винтовое размещение ножей по направлению вращения чаши обеспечивает наименьший нагрев фарша.

Влияние высокоскоростного куттерования на свойства мясных эмульсий не ограничивается явлением кавитации, повышением энергетического потенциала системы и повышением температуры.

Высокие скорости вращения ножей провоцируют процесс аэрации фарша, т. е. «вбивание» в него макропузырьков воздуха, что особенно часто проявляется при пониженной температуре фарша на второй фазе куттерования, либо при введении в мясную систему пищевых гидроколлоидов высоких концентраций. Оба эти фактора существенно влияют на вязкость фарша и могут вызвать его пористость.

В случае значительного содержания в рецептуре легкоплавкого жира, в частности при использовании мяса птицы механической обвалки, альбуминов (яично-белковых препаратов), не исключена вероятность образования водожировых и воздушно-белковых пен, весьма устойчивых к ваккуумированию.

Экспериментально установлена зависимость между скоростью измельчения (частотой вращения ножевого вала и чаши) и органолептическими показателями эмульгированных мясных продуктов. Чем выше степень измельчения, тем мягче становится консистенция и светлее цвет фарша. Поэтому при производстве сосисочного фарша куттерование целесообразно вести на средней скорости: готовая продукция будет плотной и упругой. Фарш вареных колбас лучше куттеровать, используя максимальную скорость: более тонкое измельчение обеспечит нежную консистенцию и сочность продукта.

Момент загрузки жирового сырья в мясную систему при работе на высокоскоростных куттерах также может существенно отразиться на консистенции и цвете готовой продукции: чем раньше к основному белоксодержащему сырью при куттеровании добавлено жировое сырье, тем светлее получается цвет и мягче консистенция. Слишком позднее добавление жировой части рецептуры, так же как и послед-

ней закладки водоледяной смеси, как правило, приводит к образованию отека при термообработке.

Таким образом, приведенные примеры показывают, что влияние скорости куттерования на степень устойчивости и свойства мясных эмульсий и, соответственно, на качество готовых колбасных изделий так же велико, как продолжительность процесса куттерования и конечная температура фарша.

При организации процесса куттерования особое внимание следует обращать на режущий инструмент куттера. Вид ножа, его геометрическая форма, правильность заточки режущей кромки, число ножей, их расположение в ножевой головке, расстояние между ними, величина зазора между режущей кромкой ножа и поверхностью чаши предопределяют степень эффективности измельчения и перемешивания сырья, эмульгирования жира, скорость нагрева фарша, продолжительность обработки и, соответственно, устойчивость получаемой системы. Именно от этого зависит качество готовой продукции и величина ее выхода.

Куттерные ножи изготавливают из высоколегированной нержавеющей стали, поэтому они могут выдерживать высокие механические (измельчение мороженого сырья с температурой  $-12^{\circ}\text{C}$ ) и термические (перепад температуры в вакуум-варочных куттерах достигает  $140^{\circ}\text{C}$ ) нагрузки.

В зависимости от вида используемого сырья, назначения, емкости чаши, скорости вращения ножевой головки и числа ножей в головке конфигурация ножей существенно различается: от прямого – с режущей кромкой, проходящей через центр вращения, до сильно изогнутого – оригинальной формы (рис. 6.1). Соответственно, и режущая кромка может представлять собой прямую линию с заточкой в виде клина, малоизогнутую линию, либо другую сложную геометрическую линию.

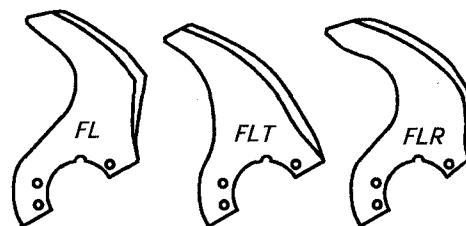


Рис. 6.1. Ножи производства фирмы LASKA:

*FL* – универсальный, *FLT* – для эмульсии, *FLR* – для сырокопченых колбас

Специфика формы ножа и линии реза предопределяют его назначение (рис. 6.2).

Наиболее распространены ножи типа *B* – серпообразные. Их эффективно использовать при работе на малоскоростных куттерах для производства полукопченых, варено-копченых и сырокопченых колбас.

Разновидностью ножей *B* являются ножи типа *L* «Тайфун» – с более длинной режущей кромкой. Недостатком ножей является их относительно большая поверхность, что приводит к повышению силы трения, а также низкая стойкость к вибрации.

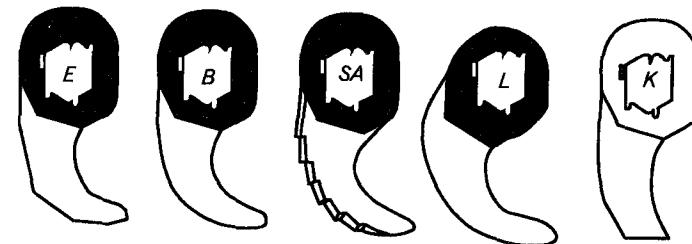


Рис. 6.2. Ножи производства фирмы SEYDELmann

Высокую степень дисперсности и эмульгирования обеспечивают ножи типа *E* – ступенчатые (граненые), универсальные. Наличие ступенчатого профиля у ножа позволяет сократить общую продолжительность процесса куттерования, так как по сравнению с серповидным ножом аналогичного радиуса у него линия реза увеличивается на 10–15%.

Ножи типа *K* – высокоскоростные, малоизогнутые, устойчивые к вибрации и нагреву – предназначены для изготовления высокодисперсных мясных систем из мороженого сырья.

Для измельчения коллагенсодержащего сырья (свиной шкурки, сухожилий, колбасной жилки, мясной обрези) применяют зубчатые ножи типа *SA*.

Для сверхтонкого измельчения сырья, содержащего большое количество соединительной ткани, как правило, используют сильно изогнутые ножи; для обработки замороженного и крупнокускового мяса предпочтительнее использовать ножи с небольшой изогнутостью.

На рынке пищевого оборудования постоянно появляется множество модифицированных куттерных ножей. Фирма «Альпина» выпускает специальные ножи типа «Гор-Лок» с отверстиями на боковой поверхности (рис. 6.3); наличие отверстий существенно снижает лобовое сопротивление, степень турбулентности и нагрев фарша.

Кроме того, использование ножей типа «Top-Lock» имеет следующие преимущества:

- сокращение продолжительности (на 18–28%) процесса куттерования за счет повышения скорости измельчения;
- повышение эффективности процесса резания вследствие образования завихрений потока фарша между ножами куттера;
- усиленное затягивание сырья под колпак/ножевую головку и повышение степени заполнения их фаршем;
- существенное снижение темпа нагрева фарша;
- возможность повышения производительности оборудования и степени износостойкости ножей;
- уменьшение энергозатрат на 3–8%.

Выпускаются также охлаждаемые ножи, в полость которых в процессе куттерования поступает хладагент.

Некоторые фирмы, например, «Seydelmen», в универсальных куттерах используют ножи, имеющие фигурные выемки на режущей кромке или клинообразные ребра на боковой поверхности, что увеличивает режущую и эмульгирующую поверхность.

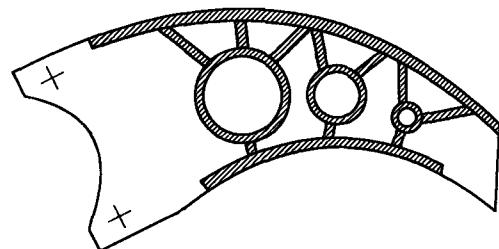


Рис. 6.3. Ножи типа «Top-Lock» (фирма «Альпина»)

Разные фирмы-производители используют разнообразные классификации ножей по их форме и назначению. Причем обращает на себя внимание тот факт, что по мере увеличения емкости чаши куттера возрастает кривизна режущей кромки ножа за счет увеличения его радиуса.

В ножевой головке ножи выполняют разные функции. Первый нож, установленный, как правило, перпендикулярно шейке куттера, является основным режущим инструментом и испытывает максимальные нагрузки, поэтому быстро тупится и изнашивается. Остальные ножи меньше работают на резание, больше – на смятие и перемешивание.

На качество получаемой эмульсии существенное влияние также оказывают правильность угла заточки, число ножей и их расположение, расстояние от лезвия ножа до чаши и между ножами, скорость

вращения вала и даже направление движения сырья в зоне резания. От этих параметров зависит не только степень гомогенизации и реологические свойства эмульсии, но и продолжительность куттерования, температура нагревания сырья, ресурс эксплуатации как ножей, так и самого куттера.

На качество резания существенно влияет угол заточки лезвия. Использование ножей с затупленной или неправильно заточенной режущей кромкой приводит к повышению температуры на поверхности ножей до уровня, превышающего точку денатурации (42 °C) мышечных белков; увеличению (на 60%) затрат электроэнергии на процесс измельчения; усилинию явления кавитации; ухудшению качества мясных эмульсий.

В среднем (в зависимости от вида сырья, степени загрузки и других факторов) эффективная работа одного комплекта ножей составляет 8–10 замесов.

Соблюдение угла заточки и выпуклой формы режущей кромки – ключевой элемент, влияющий на технико-технологические характеристики и срок действия ножей. Как правило, угол заточки режущей кромки равен 25°, а ее кончика – 27° (рис. 6.4). Этот угол должен меняться в зависимости от свойств и состояния сырья: для изготовления фарша варенных колбас из охлажденного мяса угол более острый (от 20°), для измельчения замороженного сырья – более пологий (до 27°).

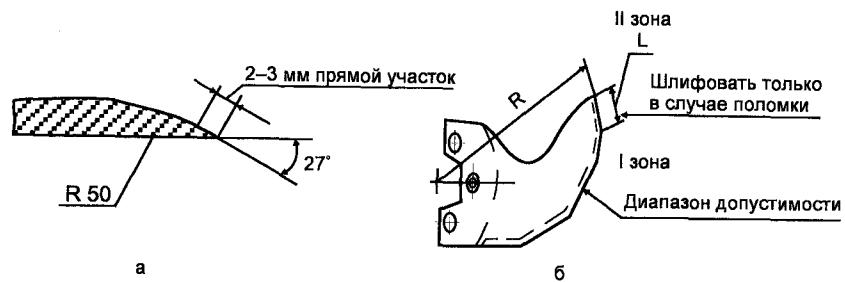


Рис. 6.4. Схема заточки ножей:

*a* – поперечное сечение лезвия ножа; *б* – плоскость ножа

Увеличение угла заточки (выше 30°) снижает качество измельчения и резко повышает скорость нагрева фарша вследствие роста лобового сопротивления при входении ножа в мясную систему. Уменьшение угла заточки (менее 25°) снижает стойкость режущей кромки, на ней появляются сколы, загибы, нож быстрее тупится и выходит из строя.

Заточку ножей должны выполнять специалисты на станке. Ножи перетачивают только с выпуклой стороны, обязательно используя водное охлаждение и сохраняя первоначальный угол заточки 22–27° на длине 2–3 мм с последующим округлением по радиусу 50 мм.

Срок службы ножа напрямую зависит от угла заточки.

Заточенную поверхность ножей следует дополнительно обработать на шлифовальном круге с зерном 240, а затем полировочной пастой – до блеска.

Ножи необходимо затачивать только попарно во избежание нарушения балансировки ножевой головки. После каждой заточки ножи необходимо отрегулировать по длине, а ножевой пакет сбалансировать по массе на специальном устройстве. При этом особое внимание должно быть удалено выбору способа (штыревой, зубчатый) фиксации ножей на балансировочных дисках.

Затачивая ножи, следует избегать перегрева (появление желто-коричневого или синеватого цвета), так как это ведет к выкрашиванию лезвия; после каждой перезаточки ножи необходимо проверять на наличие микротрещин.

Специфичность заточки предопределяется формой лезвия. Так, по рекомендациям фирмы «Ласка», наиболее тщательную заточку ножей типа FL необходимо провести в зоне II, а зону I вообще запрещено трогать (см. рис. 6.4). Ее можно шлифовать только в случае поломки, так как эта зона находится в непосредственной близости к чаше, и увеличение зазора отрицательно сказывается на качестве процесса.

При установке ножей на ножевой вал необходимо соблюдать последовательность их расположения, проверяться уровень балансировки (для исключения вибрации куттера при работе ножевой головки) и величину зазора между режущей кромкой ножей и нижней поверхностью чаши.

Как отмечалось, у современных куттеров величина зазора составляет 0,8–2,0 мм. Уменьшение зазора позволяет повысить эффективность процесса измельчения, сократить продолжительность куттерования, а также уменьшить турбулентность при разработке эмульсий, которая приводит к их расслоению за счет повышения температуры, возрастающей вследствие интенсивного смещения и перемешивания слоев.

Величину зазора, как правило, регулируют, ориентируясь на положение ножа в нижней части чаши и редко учитывают размеры зазора у боковых стенок и шейки. В современных моделях куттеров существует тенденция к увеличению диаметра самой шейки чаши,

что обеспечивает снижение размеров зазора по сечению всей рабочей поверхности аппарата.

**Вакуумирование** становится неотъемлемым элементом процесса куттерования. Широкое распространение вакуумных куттеров обусловлено рядом их преимуществ:

- при работе на высокоскоростных установках в процессе измельчения и эмульгирования неизбежно происходит аэрация фарша, т. е. «врабатывание» пузырьков воздуха в мясную систему, что отрицательно отражается на ее свойствах (появление пор, нарушение сплошности эмульсии, уменьшение ее плотности, ухудшение степени разработки фарша). Вакуумирование снимает эти проблемы;
- применение вакуумирования на первой фазе куттерования (измельчение белоксодержащего сырья) вызывает увеличение объема самого мышечного волокна, а иногда и разрыв сарколеммы, что повышает вероятность более эффективной гомогенизации морфологической структуры мяса, степень экстракции белков, сокращение продолжительности куттерования, а в некоторых случаях – увеличение выходов. По данным производителей куттеров, использование вакуумирования позволяет на 8–12% повысить долю связанной влаги в фарше;
- вакуумирование фарша на заключительной фазе куттерования приводит к его уплотнению (вследствие уменьшения объема на 5–10%), улучшает процесс измельчения соединительной ткани;
- удаление воздуха из мясной системы ингибирует процесс окисления гемовых пигментов и липидов, подавляет развитие аэробных микроорганизмов. В результате готовая продукция приобретает более интенсивный, устойчивый цвет, увеличиваются срок ее годности;
- чередование вакуумирования (разряжения) и уравновешивания давления в куттере с атмосферным сопровождается удалением микропузырьков воздуха из мясной системы, в результате чего белковые частицы более полно обволакивают жировые шарики в структуре эмульсии и эмульгирование происходит более эффективно. Одновременно с этим снижается вероятность образования водожировых пен при наличии в рецептурах легкоплавкого жира. Значительное уплотнение фарша инициирует процессы тиксотропного восстановления связей у структурообразователей мясной системы, формирующих ее матрикс и ответственных за уровень устойчивости эмульсии, выход и качество готовой продукции;

- применение вакуума в значительной степени снижает уровень шума при работе высокоскоростных куттеров.

Рекомендуемая глубина вакуума – 65–85%.

Что касается последовательности проведения процесса куттерования с использованием вакуумирования, то здесь существует несколько мнений и технологических вариантов.

**Способ, рекомендуемый при изготовлении фаршем комбинированного состава:**

- загрузка предварительно посоленного нежирного сырья, первой части водоледяной смеси, фосфатов, 1% раствора нитрита натрия, смеси пряностей, сахара, чеснока. Закрывают крышку куттера, включают вакуум и куттеруют 3–4 мин;
- переключают ножи на режим перемешивания, отключают вакуум, загружают через люк вакуумной крышки соевые белковые препараты и воду на их гидратацию. Закрывают люк, включают вакуум и продолжают процесс куттерования в течение 2–3 мин;
- останавливают ножи, отключают вакуум, поднимают крышку, добавляют жировое сырье, водоледянную смесь;
- фарш обрабатывают в течение 3–5 мин под вакуумом; за 2–3 мин до конца куттерования отключают вакуум и через люк крышки вводят крахмал;
- включают вакуум и куттеруют 2–3 мин, ориентируясь на начальную температуру 11–12 °C.

Глубина вакуума на первой фазе куттерования 80–85%; на второй – 70%.

Данные рекомендации технологов – представителей заводов-изготовителей оборудования – не учитывают возможные колебания температуры в процессе куттерования, что весьма характерно для высокоскоростных аппаратов, достаточно сложны для реализации в производственных условиях (загрузить – закрыть крышку – дать вакуум – куттеровать – сбросить вакуум – открыть люк – закрыть люк и т. д.) и снижают производительность оборудования.

По этим причинам в ряде случаев (при невысокой вязкости фаршей) многие специалисты проводят вакуумирование лишь на заключительном этапе куттерования при условии строго соблюдения правил сброса вакуума и выгрузки фарша:

I фаза – измельчение нежирного сырья, экстракция и активация функционально-технологических свойств мышечных белков осуществляются при обычном атмосферном давлении;

II фаза – внесение жirosодержащего сырья, остатка водоледяной смеси, специй и проведение куттерования при глубине вакуума 70–80%.

Применение этого варианта, очевидно, является более предпочтительным, так как позволяет не только реально контролировать состояние и свойства мясной системы на весьма ответственной с коллоидно-химических позиций первой фазе куттерования, но и в целом существенно упрощает процесс, сокращает его продолжительность.

Некоторые технологии считают целесообразным осуществлять вакуумирование при следующих условиях:

1-й вариант. Заполнение объема чаши куттера не более чем на 50%, вакуумирование при 80–85%, причем включение вакуум-системы проводят за 10–20 с до начала собственно куттерования;

2-й вариант. Загрузка нежирного сырья, фосфатов, части водоледяной смеси и проведение измельчения при глубине вакуума 70%; сброс вакуума, загрузка жирного сырья, остальных ингредиентов и проведение эмульгирования при глубине вакуума 10–20%. Сброс вакуума и выгрузка готовой эмульсии.

Глубина вакуумирования может существенно повлиять на качество вареных колбас. При чрезмерно высоком вакууме, высокой плотности фарша и небольшом количестве жirosодержащего сырья в составе рецептуры консистенция колбасы может получиться слишком жесткой и резиноподобной.

Следует заметить, что, несмотря на широкое использование вакуум-куттеров, иногда в готовых колбасных изделиях образуются поры, вакуоли и даже значительные по объему воздушные пустоты – «фонари». Причинами их образования могут являться не только технологические факторы (высокая вязкость фарша, его низкая температура в конце куттерования, некачественное вакуумирование при формировании батонов, отсутствие осадки и др.), но и ошибки в проведении вакуум-куттерования на заключительном этапе.

В частности, по окончании процесса куттерования следует вначале отключить ножи, затем сбросить вакуум, открыть крышку куттера и при остановленных ножах выгружать фарш за 1–2 оборота (не более) вращения чаши.

Пористость колбас может появиться также при длительном измельчении фарша на высоких скоростях на заключительном этапе куттерования. Использование низких скоростей в конце процесса эмульгирования существенно снижает число пор и вакуолей в вязкопластической системе фарша и, таким образом, повышает эффективность проводимого вакуумирования.

В последние годы происходит не только интенсивное совершенствование существующих и традиционно используемых в промышленности куттеров, но и проводятся серьезные исследования по

разработке принципиально новых устройств для получения устойчивых эмульсий.

В разных отраслях пищевой промышленности (кондитерская, производство майонеза, маргарина, хлеба) появились ультразвуковые установки, позволяющие осуществлять диспергирование и эмульгирование. Причем стойкость эмульсий, полученных в условиях УЗ-воздействия, существенно превышает стойкость систем, полученных другими известными способами.

На ряде крупных зарубежных предприятий мясной отрасли успешно эксплуатируется новое поколение эмульситаторов фирмы «Wolfking» (Дания) производительностью 6–9 т фарша в час. Установки непрерывного действия оснащены системами вакуумирования, контроля температуры, удаления костных частиц и включений грубой соединительной ткани, регулирования давления на входе центром дистанционного управления.

Измельчение, диспергирование и эмульгирование осуществляется в одном аппарате. Режущая головка (диаметр 160–225 мм) состоит из переднего (на входе) пропеллерного ножа, имеющего 3–8 лезвий и заднего ножа со вставками 3–12 режущих «перьев», врачающихся с частотой 2100 мин<sup>-1</sup>. Между режущими ножами установлена решетка с отверстиями диаметром 0,8–1,2 мм.

Комплект расположен на валу и сжат специальной прижимной пружиной. Величина зазоров между элементами режущей головки – 0,2 мм, давление подачи фарша – 0,5 Бар, температура поступающей в эмульситатор рецептурной композиции 0–4 °С, готовой эмульсии (на выходе) – 11–13 °С.

Таким образом, аналитическое рассмотрение теоретических основ процесса куттерования одновременно с техническими характеристиками используемого при этом оборудования позволяет интегрально подойти к изготовлению устойчивых мясных эмульсий и, как следствие, получению готовой колбасной продукции со стабильными качественными характеристиками.

## ЛЕКЦИЯ 7

### ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ МЯСНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Рассмотренные ранее физико-химические процессы, протекающие при куттеровании, характерны для мясных эмульсий вареных колбас, сосисок и сарделек, когда используемое для их изготовления сырье содержит достаточно высокое количество солерастворимых белков. В этом случае мясная дисперсная система, образующаяся в результате интенсивного измельчения животных тканей, состоит из дисперсной фазы – гидратированных белковых мицелл (содержащих в первую очередь миозин) и жировых частиц – и из дисперсионной среды – раствора белков и низкомолекулярных веществ. Белковый компонент дисперсионной среды выполняет функцию структурообразователя и стабилизатора эмульсии; основные функциональные свойства этого компонента (гелеобразующая, эмульсионная, водо- и жirosвязывающая способности) играют решающую роль и зависят от его концентрации, pH среды, ионной силы, температуры, характера взаимодействия с другими компонентами и других факторов.

Таким образом, колбасный фарш представляет собой эмульсию типа «жир в воде», в которой роль стабилизатора выполняют миофibrillлярные солерастворимые белки; одновременно миофibrillлярные белки участвуют как в формировании каркаса-матрикса, так и в связывании воды.

В современной технологии мясопродуктов принципы эмульгирования применяют не только при производстве вареных колбас.

Путем куттерования приготавливают фарши полукопченых, сырокопченых и ливерных колбас, паштетов, различные структурированные системы на основе белковых препаратов и других гидроколлоидов, белково-жировые и белково-коллагеновые эмульсии на базе свиной шкурки, колбасной жилки и т. д.

Во многих случаях эти системы являются дефицитными по содержанию мышечных солерасторимых белков, в связи с чем устойчивость получаемых эмульсий поддерживают путем введения разнообразных белковых препаратов растительного и животного происхождения (табл. 7.1), обладающих свойствами поверхностноактивных веществ, либо специальных эмульгаторов (ди-, моноглицериды, лецитины и т. п.), получая комбинированные продукты. При этом особое внимание уделяют выбору соотношений воды, жира и ПАВ, условиям среды (рН, ионная сила, температура, степень диспергирования) и специфичности состава и свойств эмульгатора.

В ряде рецептур комбинированных мясопродуктов с минимумом мышечных белков и белковых препаратов в образовании матрикса наряду с белками участвуют полисахариды (нативные или модифицированные крахмалы, камеди, каррагинаны и т. п.). При этом полисахариды – большей частью не обладающие выраженной эмульсионной способностью, но являющиеся хорошими структурообразователями, прочно связывают воду, увеличивают вязкость и таким образом повышают устойчивость эмульсий (особенно после термообработки).

### **7.1. Технологические функции белков мышечной ткани и основных белковых препаратов и их влияние на качество готовых изделий**

Компонент	Технологические функции	Влияние на качество готовых изделий	Последствия избыточного введения
1	2	3	4
Белки мышечной ткани	Эмульгаторы и стабилизаторы; гелеобразователи; загустители; водо- и жirosвязывающие агенты; цветообразователи; вещества, формирующие запах, вкус	Повышают биологическую ценность, придают продукту характерный цвет, вкус, принимают участие в формировании структуры	Получение продуктов более темного цвета; появление твердой, резиноподобной консистенции; уменьшение сочности

**Продолжение таблицы 7.1**

1	2	3	4
Соевые белковые препараты	Эмульгаторы и стабилизаторы; гелеобразователи; загустители; водо- и жirosвязывающие агенты	Повышают биологическую ценность; принимают участие в структурообразовании	Снижают интенсивность вкуса, цвета, запаха
Соединительнотканые белки и препараты на их основе	Гелеобразователи; водосвязывающие агенты (после термообработки)	Снижают биологическую ценность; ухудшают органолептические характеристики; принимают участие в формировании структуры продукта	Возникновение желейных «карманов» и жировых отеков; снижение интенсивности аромата и вкуса специй; появление специфического вкусового оттенка; искажение цвета
Белки яйца	Эмульгаторы и стабилизаторы; гелеобразователи; загустители; водо- и жirosвязывающие агенты	Повышают биологическую ценность; принимают участие в формировании структуры продукта	Появление резиноподобной консистенции, пористости
Казеинаты	Эмульгаторы и стабилизаторы	То же	Появление рыхлой консистенции; возникновение постоянного привкуса; снижение интенсивности цвета
Белки молочной сыворотки	Эмульгаторы и стабилизаторы; водо- и жirosвязывающие агенты	– // –	Появление постоянного привкуса; снижение интенсивности цвета; рыхлая консистенция
Белки плазмы крови	Эмульгаторы и стабилизаторы; гелеобразователи; водо- и жirosвязывающие агенты	– // –	Появление резиноподобной консистенции, желтоватого цвета и специфического привкуса

Свои особенности имеют процессы приготовления мясных эмульсий с использованием парного, охлажденного, подмороженного, замороженного (блочного) мяса и т. д.

На наш взгляд, представляется целесообразным, не вдаваясь в детализацию теоретического плана, ознакомиться с «прописями» наиболее распространенных в практике способов проведения процесса куттерования применительно к рецептограммам, содержащим различные виды сырья.

**Классическая пропись процесса приготовления эмульсии в куттере (Германия)** при использовании охлажденного мясного сырья:

- загрузка говядины; измельчение на малой скорости 15–20 с;
- добавление 1/3 от нормы снега (водоледяной смеси), фосфатов, нитритно-посолочной смеси, специй, чеснока;
- переход на вторую скорость, добавление нежирной свинины. Проведение измельчения до достижения температуры фарша 6–8 °C;
- загрузка еще 1/3 части водоледяной смеси и после снижения температуры фарша до 2 °C добавление жирового сырья;
- продолжение куттерования до 8 °C, затем введение остатка (1/3) водоледяной смеси и продолжение измельчения на высокой скорости до достижения температуры фарша 11,2 °C и максимального уровня липкости;
- выгрузка фарша на малой скорости вращения чаши при выключенных ножах.

Пропись предназначена для безвакуумных куттеров с малой и средней емкостью чаши (75–150 л). Основной принцип: контроль температуры фарша и степени диспергирования сырья.

Некоторые специалисты Германии и Австрии рекомендуют проводить куттерование по так называемому *двухстадийному способу*:

- загрузка в чашу куттера нежирного сырья и его измельчение на малой скорости при добавлении раствора нитрита натрия, фосфатов и специй;
- введение соли и 1/2 части водоледяной смеси;
- куттерование на высокой скорости до достижения температуры фарша 2–3 °C;
- выгрузка мясной гомогенизированной части фарша из куттера;
- загрузка подмороженного шпика в куттер и его интенсивное измельчение (до температуры 14–15 °C);
- загрузка в куттер ранее приготовленной мясной гомогенизированной части фарша и проведение эмульгирования при порционном добавлении остатка водоледяной смеси.

Заканчивают процесс куттерования после достижения необходимого уровня липкости и температуры 10–12 °C.

В несколько модифицированном виде эта технология используется на ряде предприятий малой и средней мощности Поволжья:

- шпик, подмороженный до –10...–12 °C, измельчают на блокорезке, помещают в куттер, добавляют 1/3 часть водоледяной смеси и гомогенизируют до достижения температуры 2–4 °C;
- затем в чашу куттера вносят охлажденную (0–4 °C) говядину в кусках, нитрит натрия, фосфаты, соль, пряности и еще 1/3 часть водоледяной смеси;
- перемешивание, измельчение и эмульгирование производят до достижения температуры 8 °C;
- добавляют остаток водоледяной смеси и продолжают куттерование; конечная температура фарша 10–11 °C.

**Приготовление эмульсии в куттере по рекомендациям ВНИИМПа:**

- загрузка нежирного сырья (говядина в/с; свинина нежирная);
- добавление всей поваренной соли и раствора нитрита натрия (если сырье предварительно не было посолено), фосфатов и части водоледяной смеси. Куттерование – 5–7 мин;
- загрузка полужирного сырья и остатка водоледяной смеси. Введение жирного сырья. Куттерование в течение 3–5 мин, добавление пряностей, красителя;
- за 2–3 мин до окончания куттерования добавляют крахмал, муку, аскорбиновую кислоту или аскорбинат натрия.

Общая продолжительность процесса куттерования 10–15 мин. Конечная температура фарша не должна превышать 15 °C.

В прописи не уточняются скоростные режимы работы куттера и температурные параметры этапов куттерования.

**Приготовление эмульсии по регламенту США (при использовании охлажденного несоленого сырья):**

- загрузка в куттер нежирного сырья, измельченного на волчке с диаметром отверстий решетки 2–3 мм. Добавление фосфатов. Куттерование на малой скорости 30–45 с;
- введение поваренной соли и раствора нитрита натрия (либо нитритно-посолочной смеси) в количестве полной закладки по рецептуре. В случае использования мясного сырья с повышенной температурой (более 4 °C) рекомендуется применять переохлажденный концентрированный рассол с температурой –4...–6 °C;
- добавление предварительно гидратированных соевых белковых препаратов;
- добавление всей водоледяной смеси;

- введение жирного сырья, специй, остальных ингредиентов;
- переход на высокую скорость куттерования.

Окончание процесса эмульгирования при температуре 11–12 °С. Особенностью рецептур является относительно невысокое содержание в них жира.

**Приготовление эмульсии в куттере (для эмульгированных колбас с высоким содержанием жировой и соединительной ткани):**

- загрузка нежирного сырья, включая сырье с повышенным содержанием соединительной ткани. Куттерование на высокой скорости 20–30 с;
- добавление раствора нитрита натрия, фосфатов, раствора красителя, поваренной соли, глутамина натрия, каррагинана, 1/3 от общего количества водоледянной смеси. Куттерование на высокой скорости до достижения температуры 0–2 °С;
- закладка еще одной части (1/3) водоледянной смеси (снега). Куттерование до 2–4 °С;
- закладка последней (1/3) части водоледянной смеси. Куттерование до 4–6 °С. Переход на малую скорость;
- добавление жирного сырья, специй, ароматизаторов, муки, крахмала, аскорбиновой кислоты и ее производных. Измельчение на максимальной скорости до достижения температуры фарша 10–12 °С.

В конце куттерования внесение шпика, если это необходимо для создания рисунка.

Особенностями процесса являются:

- преобладание высоких скоростей работы куттера для достижения требуемого уровня гомогенизации коллагенсодержащего сырья;
- контроль температурных параметров отдельных этапов с целью максимальной реализации функционального потенциала в рецептуре мышечных белков;
- постоянный контроль вязкости системы, что обеспечивается трехэтапным введением технологической воды.

**Приготовление сосисочного фарша на автоматизированных куттерах (Германия).** Куттеры оснащены устройствами для бесступенчатого выбора частоты вращения ножевого вала, выбора двух частот вращения чаши, дозирования водоледянной смеси, а также системой контроля температуры и управляющим микропроцессором.

Основные этапы куттерования:

- загрузка. Длительность операции 30 с, за это время загружают в чашу куттера нежирную свинину, говядину, лед, пищевые фос-

фаты, усиители вкуса, а также нитритно-посолочную смесь. Ножевой вал в это время вращается с частотой 750 мин<sup>-1</sup>, а чаша – 13 мин<sup>-1</sup>.

- куттерование до достижения температуры фарша 6 °С с частотой вращения ножевого вала 3000 мин<sup>-1</sup>, чаши – 26 мин<sup>-1</sup>. Сырье интенсивно измельчается;
- загрузка. Длительность операции 30 с. Добавляют жиросырье (шпик и свиные баки). Частота вращения ножевого вала 750 мин<sup>-1</sup>, чаши – 13 мин<sup>-1</sup>;
- куттерование. С этого момента куттер работает до достижения температуры фарша 10 °С с частотой вращения ножевого вала 3000 мин<sup>-1</sup>, чаши – 26 мин<sup>-1</sup>;
- загрузка. В течение 10 с засыпают оставшийся лед и добавляют в фарш специи. Ножевой вал вращается с частотой 750 мин<sup>-1</sup>, чаши – 13 мин<sup>-1</sup>;
- куттерование. Фарш куттеруют до достижения заданной температуры 10 °С, при этом ножевой вал вращается с частотой 1500 мин<sup>-1</sup>, чаши – 13 мин<sup>-1</sup>;
- выгрузка. Готовый фарш выгружают из куттера в течение 60 с при частоте вращения ножевого вала 750 мин<sup>-1</sup>, чаши – 13 мин<sup>-1</sup>;
- очистка куттера. Ножевой вал вращается с частотой 1500 мин<sup>-1</sup> в течение 10 с, при этом прилипший к ножам фарш отбрасывается в чашу, вследствие чего ножи и камера резания куттера освобождаются от фарша;
- окончательная очистка. Дальнейший процесс освобождения чаши куттера происходит в течение 20 с, при этом чаша куттера вращается с самой большой частотой – 26 мин<sup>-1</sup>. Ножевой вал вращается очень медленно – с частотой 60 мин<sup>-1</sup>.

Для достижения нужной температуры может быть установлено любое время, которое при автоматизированном куттеровании обязательно задается.

**Приготовление эмульсии по прописи фирмы «Копенгаген-пектин А/С».**

Специалисты фирмы рекомендуют проводить процесс приготовления мясных эмульсий на низкоскоростных куттерах, ориентируясь на число оборотов чаши и соблюдая следующую последовательность операций.

Подготовка сырья:

- перемешивание кусковой (либо шрота) говядины и свинины с 2,5% нитритно-посолочной смеси;
- перемешивание свиного жира с 3% поваренной соли;

- раздельное измельчение посоленного сырья на волчке с диаметром отверстий решетки 2–3 мм.
- Куттерование:**
- закладка соленого мясного сырья в чашу куттера и его измельчение (0–10 оборотов чаши) при одновременном добавлении фосфатов;
  - введение части водоледяной смеси (11–40 оборотов);
  - добавление следующей части водоледяной смеси, сухого молока, соевых белков (41–70 оборотов);
  - введение остатка водоледяной смеси (71–90 оборотов);
  - добавление специй и крахмала (91–125 оборотов);
  - добавление аскорбиновой кислоты;
  - введение жirosыря и проведение эмульгирования (скорость вращения чаши до 180–190 оборотов);
  - выгрузка готовой мясной эмульсии с температурой 10–12 °С.

#### Приготовление мясных эмульсий с использованием соевых белковых препаратов (СБП).

Широкое применение соевых белковых препаратов (изолятов, концентратов, соевой муки) в технологии эмульгированных мясопродуктов обусловлено многими причинами, среди которых основными являются:

- высокие показатели функционально-технологических свойств (ФТС) СБП (водо- и жироусвояющая, гелеобразующая и эмульсионная способность);
- хорошая совместимость ФТС соевых белковых препаратов со свойствами мышечных белков (максимальная растворимость СБП имеет место при pH 7,0, минимальная – при pH 4,6);
- стабильность функционально-технологических свойств (ФТС);
- высокая пищевая и биологическая ценность;
- возможность многовариантного технологического использования;
- экономический фактор.

В условиях неоднородности состава и свойств поступающего на переработку мясного сырья, низкого количественного содержания мышечных белков, снижения их функционального потенциала вследствие длительного низкотемпературного хранения (криоконцентрирование), нарушения режимов размораживания (частичная денатурация белков), разброса в значениях pH (мясо с признаками PSE, DFD, RSE), использования в составе рецептур мяса механической дообвалки, коллагенсодержащего сырья, легкоплавкого жира и т. п., соевые

белковые препараты часто компенсируют неудовлетворительные ФТС основного сырья и позволяют существенно повысить устойчивость получаемых мясных эмульсий комбинированного состава.

В отечественной практике предусмотрено несколько способов использования соевых белковых препаратов при приготовлении мясных эмульсий: в сухом виде; после предварительной гидратации (в виде суспензии); в виде геля; в виде белково-жировой эмульсии; в виде СУПРО-гранул; в составе белково-коллагеновых эмульсий.

Степень гидратации соевых белковых препаратов обусловлена их видом (изоляты, концентраты, мука), концентрацией белка, особенностями функциональных свойств, условиями среды и составляет от 2 до 6 частей воды на 1 часть сухого СБП.

При введении СБП *в сухом виде* препарат добавляют на начальной стадии куттерования с одновременным внесением воды, предназначенной для его гидратации.

Общая последовательность приготовления мясных эмульсий в куттере в этом случае выглядит следующим образом:

- Нежирное сырье + нитрит натрия (если он не был добавлен при посоле) + фосфаты + 1/3 воды/льда (от общего объема по рецептуре)
- 1 часть СБП + 2–6 частей воды/льда для гидратации белка + 1/3 воды/льда (по рецептуре)
- Поваренная соль (если используется несоленое мясное сырье или рассчитанная на заменяемое белковым препаратом сырье) + 1/3 оставшейся воды/льда (по рецептуре)
- Жирное сырье + сахар + специи + шпик + аскорбиновая кислота или аскорбинат/или эриторбат/натрия (за 1–2 оборота чаши куттера до окончания процесса составления фарша).

Добавление в мясные системы сухого белкового препарата в значительных количествах (свыше 3%) может вызвать некоторые негативные последствия, и, в частности, потери СБП вследствие выпадения либо образования «шариков» (снаружи – гидратированная оболочка, внутри – сухой препарат). Кроме того, необходимо контролировать момент введения поваренной соли в куттер: при закладке некоторых видов сухих соевых препаратов после поваренной соли возможно выпадение препарата в осадок в виде зернистой структуры. При введении СБП до поваренной соли он может помешать процессу экстракции миозина: вода, добавляемая для гидратации препарата, «разбавляет» систему. Одновременно, так как мышечные белки обладают более выраженной способностью к гидратации, по

сравнению с СБП, мясо (при нормальных значениях рН) может забрать на себя большую часть технологической воды до прежде чем соевые белки полностью гидратируются. В результате произойдет снижение выхода готовой продукции.

При работе с сухими СБП хороший результат дает удлинение периода осадки фаршей перед термообработкой, в процессе которой происходит полная гидратация белкового препарата, переход его в гель-форму, взаимодействие мышечных и соевых белков и формирование устойчивого матрикса.

При использовании СБП *в виде суспензии* в куттер вносят водоледянную смесь, соевый белковый препарат и при низкой скорости вращения ножей диспергируют в течение 15–20 с. Затем переходят на максимальную скорость вращения ножей и ведут обработку смеси еще в течение 1–3 мин. По окончании гидратации соевого белка, не выключая ножей куттера, в чашу вносят нежирное мясное сырье. Дальнейшую обработку мясной эмульсии ведут по стандартному регламенту.

Данный способ наиболее распространен в практике по ряду причин:

- полная гидратация соевого белкового препарата и мобилизация его функционального потенциала происходит при оптимальных условиях (температура, рН, отсутствие поваренной соли);
- имеется возможность проводить гидратацию СБП при варировании соотношения «препарат : вода».

При наличии в составе рецептуры сырья с повышенным содержанием соединительной ткани (нуждающегося в более интенсивном измельчении) коэффициент гидратации снижают, увеличивая таким образом вязкость комбинированной системы «соевый препарат + мясное сырье», что обеспечивает более эффективную гомогенизацию коллагенсодержащих включений;

- структурированная суспензия соевых белков обладает повышенной способностью к жироудерживанию и эмульгированию, т. е. весьма эффективна применительно к рецептограм, в состав которых входит значительное количество жиросодержащего сырья либо легкоплавкого жира.

Западные технологии применяют данный способ в несколько модифицированном виде:

- проводят предварительную гидратацию соевого белкового препарата в куттере; полученную сметанообразную массу выгружают из куттера;

- вносят в куттер нежирное мясное сырье, добавляют фосфаты и куттерируют 30 с;
- добавляют раствор нитрита натрия, аскорбинат натрия, поваренную соль и куттерируют при 2–3 мин<sup>-1</sup>;
- вводят всю закладку технологической воды (водоледянной смеси) и куттерируют до момента полного поглощения фаршем свободной воды;
- добавляют ранее приготовленную суспензию соевых белковых препаратов;
- вносят жиросодержащее сырье, добавляют специи и ведут куттерование до максимального нарастания липкости мясной эмульсии.

При использовании СБП *в виде геля* в куттер вносят воду (с 20–30% льда или снега), затем добавляют соевый белковый препарат и при низкой скорости вращения ножей перемешивают смесь в течение 15–20 с. Затем переходят на максимальную скорость вращения ножей и ведут обработку смеси еще в течение 1–3 мин. При необходимости в конце процесса приготовления геля можно добавить соль (из расчета 2 кг на 100 кг геля), краситель (в соответствии с рекомендациями по применению) и куттеровать еще 30 с. Полученную массу выгружают из куттера и направляют в охлаждаемую камеру с температурой 0–4 °C.

В процессе 10–12-часовой выдержки масса превращается в полупрозрачный гель с выраженным упруго-эластичными свойствами.

После измельчения геля на волчке с диаметром отверстий решетки 2–3 мм его вводят в куттер на первой стадии приготовления эмульсии одновременно с нежирным сырьем.

Общая последовательность дальнейшего процесса куттерования не изменяется. Данный способ имеет несколько повышенную трудоемкость, приемлем для изолированных и концентрированных соевых белков.

Получаемый гель обладает стабильной структурой, устойчивыми свойствами, высоким водосвязывающим потенциалом (может «связать» дополнительно при куттеровании часть воды), устойчив к синерезису.

Однако, по сравнению с препаратами, используемыми в сухом виде и в виде суспензий, гель характеризуется пониженной жироудерживающей способностью, поэтому наиболее эффективен для получения эмульгированных мясопродуктов, содержащих в рецептуре ограниченное количество жира.

Одним из вариантов использования гель-формы СБП при производстве обширной группы мясопродуктов (вареные, полукопченые, варено-копченые, сырокопченые колбасы) является получение СУПРО-гранул.

Готовые СУПРО-гранулы – структурированный окрашенный препарат с выраженным упругими свойствами, способный по цвету, консистенции и функциональным характеристикам имитировать мясное сырье.

Приготавливают СУПРО-гранулы, как правило, на основе изолятов и концентратов (при соотношении СБП : вода 1 : 3,5), используя один из представленных ниже способов.

#### *Первый способ.*

В куттер вносят водоледянную смесь (соотношение вода : лед – 7 : 3), пищевые красители, соевый белок и при низкой скорости вращения ножей диспергируют смесь в течение 15–20 с. Затем переходят на максимальную скорость вращения ножей и чаши и ведут обработку 7–10 мин до достижения температуры массы 25–30 °C.

Полученный продукт, обладающий плотной упругой консистенцией, выгружают из куттера в емкости (заполняя их не более чем на половину объема для лучшего охлаждения) и выдерживают при температуре 0–4 °C в течение 12–18 ч.

Допускается интенсивное охлаждение полученного окрашенного геля в морозильной камере при температуре –18 °C в течение 3–4 ч.

После выдержки массу измельчают на куттере до частиц размером 2–4 мм.

Приготовленные СУПРО-гранулы с температурой не выше 6 °C вводят в фарши полукопченых, варено-копченых, сырокопченых колбас.

Для повышения стабильности свойств СУПРО-гранул рекомендуется добавлять 2% поваренной соли (к общей массе) на этапе завершения гидратации СБП. Придание СУПРО-гранулам розово-красного цвета разной интенсивности (говядина, свинина, индейка и т. д.) осуществляют введением индивидуальных пищевых красителей (кармин) либо смесей (например, ферментированный красный рис – 0,3%, сахарный колер – 0,1% к массе сырья). Хороший результат дает использование красителей на основе крови убойных животных.

#### *Второй способ.*

В куттер вносят водоледянную смесь, добавляют 3% цельной стабилизированной или дефибринированной крови, нитрит натрия (из расчета 15–25 г на 100 л крови), при перемешивании вводят соевый

белковый препарат и диспергируют смесь 15–20 с. Затем переходят на максимальную скорость вращения ножей и чаши; через 3–5 мин в куттер добавляют 2% поваренной соли и продолжают обработку до достижения температуры массы 25–30 °C и получения упругой консистенции геля. Дальнейшая обработка массы проводится аналогично способу I.

Последовательность осуществления процесса куттерования при приготовлении фарша эмульгированных мясопродуктов «Эконом»-класса с использованием СБП в виде суспензии рассмотрим на примере шпикачек «Даниловские».

На первой стадии куттерования в чашу загружают соевый белок (4 кг) и водоледяную смесь (16 кг), в течение 1–2 мин готовят суспензию (20 кг). Затем добавляют мясо птицы механической дообвалки (55 кг), 2,5%-ный раствор нитрита натрия (10 кг), фосфаты (0,5 кг) или комбинированные специи, соль (2,0 кг), часть воды (льда), яйца куриные или меланж (1 кг), сухое молоко (2 кг), чеснок (0,3 кг), еще одну часть воды (льда), крахмал (4 кг). Общее количество добавляемой технологической воды (водоледянной смеси) – 18–20 кг.

Куттеруют смесь на высокой скорости до получения гомогенного, хорошо связанныго фарша; в конце куттерования закладывают остаток водоледянной смеси, раствор пищевого красителя, препарат мясного аромата.

На заключительном этапе куттерования переходят на малую скорость, закладывают в куттер подмороженный шпик (18 кг), измельчают его до требуемого размера и перемешивают равномерно распределяя кусочки в фаршевой массе.

Выгрузку осуществляют при температуре фарша 12–14 °C.

#### *Приготовление мясных эмульсий из замороженного и подмороженного сырья.*

Широкое использование на отечественных предприятиях мясного сырья в виде замороженных блоков поставило перед специалистами отрасли серьезный вопрос: какие технологические приемы наиболее эффективны при применении замороженных блоков в технологии эмульгированных мясопродуктов? И главное – размораживать или не размораживать блоки перед использованием?

Если в отношении блочного мяса, предназначенного для выработки цельномышечных и реструктуризованных изделий, ситуация ясна – надо размораживать, то применительно к мороженым блокам, предназначенным для колбасного производства, размораживание представляется не совсем целесообразным.

Как известно, размораживание блоков сопряжено с появлением таких негативных явлений, как:

- высокие потери мясного сока (до 8,6–9,4% к массе сырья);
- увеличение уровня микробиологической обсемененности;
- частичная (в поверхностных слоях) денатурация мышечных белков (использование повышенных температур при размораживании);
- изменение цвета мяса;
- появление постороннего запаха;
- увеличение технологического цикла размораживания (период размораживания может достигать 70 ч);
- рост энергозатрат и т. д.

По этим причинам, а также принимая во внимание, что оптимальный для действия миозина температурный диапазон (от –8 °С до 8 °С) близок к температуре замороженного мясного сырья, многие предприятия отказались от процесса размораживания и освоили технологию приготовления на куттере фаршей различных видов колбас из мороженого блочного предварительно рассортированного мяса (в основном говядины).

В этом случае замороженные блоки предварительно измельчают на блокорезке, стругальной машине либо гриндере, затем мясо с температурой –8...–4 °С передают на куттерование без предварительной выдержки в посоле.

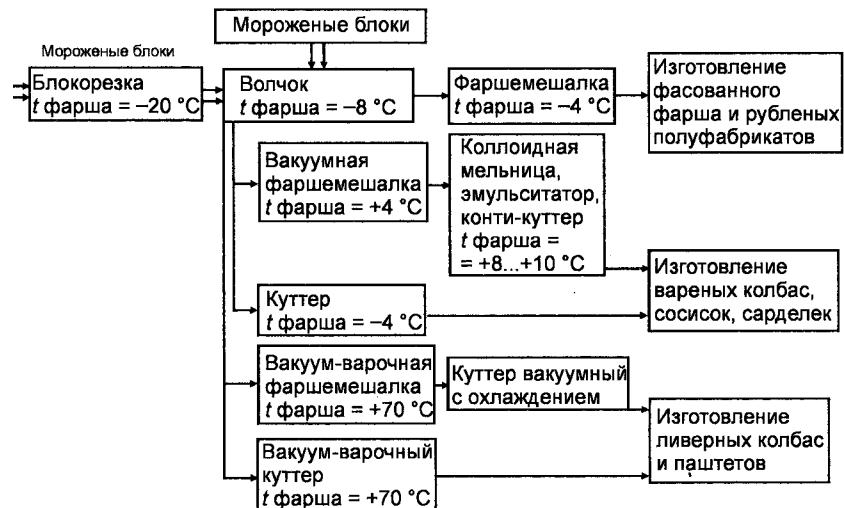
На рис. 7.1 представлены различные варианты обработки мясных блоков с учетом специфики производства конкретных видов мясопродуктов. При этом во всех вариантах, и особенно в случае производства вареных колбас, сосисок и сарделек, особое внимание должно быть уделено температуре получаемой фаршевой массы: при использовании сырья с чрезмерно низкой температурой в процессе его последующего измельчения на куттере могут образовываться гранулы либо порошок, вода будет находиться в кристаллическом состоянии. В результате процессы экстракции белков, их растворение, проявление гелеобразующих и эмульсионных свойств ингибируются; жировая часть эмульсии теряет способность к диспергированию.

Существует несколько способов приготовления варенных колбас из мясного сырья в подмороженном и замороженном состоянии.

#### *Первый способ (рекомендуемый немецкими специалистами).*

Жироодержащую часть рецептуры (шпик, жирная свинина) измельчают на волчке, взвешивают, помещают в куттер и куттеруют при частоте вращения ножевого вала 3000 мин<sup>–1</sup> до достижения тем-

пературы 10 °С. Затем жироодержащую часть выгружают из куттера. Блочное замороженное нежирное мясное сырье измельчают на блокорезке или строгальной машине, загружают в чашу куттера, измельчают в течение 60 с при частоте вращения ножевого вала 1500 мин<sup>–1</sup>, добавляют раствор нитрита натрия, пищевые фосфаты и переходят на высокую скорость работы куттера. После 1–2 мин гомогенизации добавляют 1/2 часть технологической воды с температурой (45–50 °С), поваренную соль и продолжают куттерование еще 1–2 мин. Затем добавляют вторую половину технологической воды (45–50 °С) и ведут интенсивное куттерование до достижения температуры фарша 0 °С. Загружают в куттер предварительно подготовленное и измельченное жиросыре, специи и при частоте вращения ножевого вала 1500 мин<sup>–1</sup> проводят эмульгирование до достижения конечной температуры фарша 10–11 °С.



**Рис. 7.1. Технологическая схема использования замороженного блочного сырья для производства различных видов мясопродуктов**

#### *Второй способ.*

Измельчение блочной (жилованой и рассортированной) говядины на гриндере или строгальной машине. Загрузка говядины (с температурой –2 °С) в куттер и измельчение на малых оборотах при последовательном добавлении в чашу фосфатов, аскорбиновой кислоты, глутаминовой кислоты, раствора нитрита натрия и поваренной

соли. Через 1–1,5 мин куттерования добавляют 1/3 часть водоледянной смеси, жirosыре и переходят на высокую скорость измельчения; ведут процесс до достижения температуры 10 °С. Вновь добавляют остаток технологической воды (в виде водоледянной смеси), крахмал, специи и продолжают куттерование на малой или средней скорости до достижения эмульсией требуемого уровня липкости и температуры 10–11 °С.

Рассмотренные выше варианты куттерования, основанные на использовании совместного действия низких температур, поваренной соли и оптимального pH с целью увеличения растворимости солерасторимых фракций мышечных белков и, соответственно, повышения их гелеобразующей, водосвязывающей и эмульсионной способности, применяются не только в технологии вареных колбас, сосисок и сарделек, но и при изготовлении сырокопченых, варенокопченых, полукупченых колбас, салами.

В отличие от гомогенных эмульсий, характерных для вареных колбас, сосисок и сарделек, основой которых является максимально диспергированное сырье, в мясных системах полукупченых, сырокопченых колбас клеточная структура сырья частично сохранена, жир измельчен, но практически не диспергирован, количество воды ограничено той, которая непосредственно находится в мясе. Вышерассмотренные особенности оказывают существенное влияние на механизм стабилизации системы: в результате высокой концентрации белков образующийся матрикс обладает повышенной прочностью, вязкостью и адгезией, способен достаточноочно прочно удерживать включения жира.

Особое внимание должно быть уделено качеству жирового сырья (степень крошкиности, температура плавления); наиболее приемлемы для использования боковой шпик и свиная грудинка.

В частности, при приготовлении сырокопченых колбас и салами с мелким шпиком в куттере на первой фазе проводят измельчение нежирного замороженного сырья до гранул, имеющих сыпучее состояние. При этом добавляют только раствор нитрита натрия, сахар и пряности. Затем останавливают куттер, на поверхности фарша раскладывают пласти подмороженного шпика либо другого жirosыре и на малых оборотах продолжают измельчение до достижения требуемого размера кусочков шпика и равномерного их распределения в гранулированной системе фарша. Получив необходимый рисунок, в фарш добавляют поваренную соль, которая после 1–3 оборотов чаши вызывает интенсивное увеличение липкости системы (вследствие

экстракции и последующего взаимодействия солерасторимых белков). Готовый фарш передают на формование колбасных батонов.

Разновидностью вышеприведенного способа является ускоренная технология составления фарша для сырокопченых (типа Зернистой, Московской, Майкопской, Польской, Столичной и др.), ряда полукупченых колбас и сервелата.

При этом фарш готовят следующим образом.

Жилованную говядину и свинину в кусках по 400–600 г и полосы шпика замораживают до температуры –2...–5 °С (в центре).

Последующее приготовление фарша в куттере осуществляют двумя способами:

1. при использовании полностью сырья в подмороженном состоянии;
2. при использовании не менее 50% сырья в подмороженном состоянии.

#### *Первый способ.*

Подмороженное мясо и шпик в соответствии с рецептурой загружают в куттер в следующем порядке: говядина, поваренная соль, нитрит натрия (в виде раствора), пряности, коньяк или мадера. После измельчения крупных кусков говядины (примерно через 0,5–1,5 мин) загружают свинину и куттеруют смесь в течение 1–2 мин до получения равномерно измельченного мяса.

Затем добавляют шпик и куттеруют еще 0,5–1,5 мин. Общая продолжительность измельчения 2–5 мин в зависимости от конструкции куттера, количества ножей и вида колбасы.

Окончание процесса куттерования определяют по рисунку фарша, при котором сравнительно однородные по величине кусочки шпика размером, рекомендуемым рецептурой для каждого вида колбасы, равномерно распределяются в мясной части фарша.

Температура фарша после куттерования –1...–3 °С.

#### *Второй способ.*

В куттер загружают подмороженную до –2...–5 °С говядину или нежирную свинину, предварительно измельченные на блокорезке либо строгальной машине до кусков размером 20–50 мм, и ведут куттерование до получения частиц сырья размером 10–15 мм. При измельчении говядины добавляют поваренную соль, раствор нитрита натрия, пряности, коньяк или мадера. Затем загружают выдержанное в посоле (размороженное) мясо в кусках и куттеруют до получения частиц размером 5–10 мм, после чего останавливают куттер, равномерно по поверхности фарша раскладывают пласти подмороженного шпика либо грудинки и проводят дополнительное измельчение

(0,5–1,0 мин). Готовый фарш с характерным рисунком и требуемой липкостью выгружают из куттера.

Рекомендуемая скорость вращения ножевого вала при приготовлении фаршей полукопченых, варено-копченых и сырокопченых колбас на основе подмороженного либо мороженого мясного сырья составляет 800–900 мин<sup>-1</sup>.

Особенности современной технологии использования замороженного (либо подмороженного) сырья при производстве полукопченых колбас можно рассмотреть на примере процесса приготовления фарша для колбасы «Авангард».

Подмороженную говядину 2 сорта (15 кг) с температурой –3 °С помещают в куттер, перемешивают с 2,5% раствором нитрита натрия (7,5 кг) набором пряностей (0,5 кг), добавляют 1/2 часть водоледяной смеси (общее количество технологической воды – 8 кг), соль (1,9 кг), гидратированный соевый белок (10 кг) и оставшийся лед. Куттеруют до образования хорошо эмульгированного гомогенного фарша.

Мясо, предназначенное для образования структуры, предварительно подмраживают, вносят в куттер и измельчают на малых оборотах: говядину 1 сорта (7 кг) – до размера кусочков 10 мм, свинину нежирную (10 кг) – 10 мм, грудинку (50 кг) с содержанием мышечной ткани не менее 25% – 5 мм. После перемешивания эмульгированной и структурной частей фарш передают на заполнение оболочек.

#### **Приготовление колбасных изделий на основе единого фарша со «вставками».**

Значительное расширение ассортимента вырабатываемой продукции обеспечивает использование широко применяемого за рубежом и на некоторых отечественных предприятиях способа приготовления «единого» базового фарша, на основе которого можно получить одновременно несколько видов колбасных изделий.

На зарубежных колбасных фабриках малой и средней мощности сущность такого способа заключается в том, что говядину и свинину после обвалки более тщательно разделяют по содержанию жировой и соединительной ткани (на 4–6 сортов). В частности, получают говядину-90, 80, 75, 50, 35, 15. Цифры показывают долю мышечной ткани в сырье. Например, в говядине-75 содержание мышечной ткани составляет 75%, а 25% – жировая и соединительная ткани.

Для приготовления базового универсального фарша с высокими технологическими свойствами рассортированное сырье берут в определенных соотношениях (табл. 7.2).

#### **7.2. Соотношение сырья в базовом фарше, %**

Наименование сырья	Рецептуры базового фарша			
Говядина-85	20	–	–	–
Говядина-75	20	10	–	50
Свинина-75	20	60	70	50
Свинина-35	30	–	–	–
Свинина-15	10	30	30	–
<i>Итого</i>	100	100	100	100

По общему химическому составу и функционально-технологическим свойствам (после осуществления эмульгирования) рецептуры различаются незначительно.

В российских условиях в качестве основного сырья чаще всего используют односортные говядину и свинину с введением при куттеровании 2 кг поваренной соли, 0,3 кг фосфатов, раствора нитрита натрия, 25 кг водоледяной смеси, набора пряностей и крахмала.

Приготовление базового фарша производят в куттере по рассмотренным ранее правилам.

Полученный базовый фарш выгружают из чаши куттера и, разделив его на некоторое количество частей, приступают к приготовлению различных видов колбас согласно выбранному ассортименту.

Первую партию обычно отформовывают в череву в виде сосисок либо в оболочку более широкого диаметра в виде колбасных батонов.

Вторую часть базового фарша перемешивают (в соотношении от 3 : 1 до 1 : 1) с кусками (массой 30–50 г) предварительно посоленной нежирной свинины и набивают в оболочку, добавив дополнительно специи.

Внесение «вставок» в базовый фарш осуществляют в мешалке либо в куттере в режиме перемешивания.

Третью партию снова закладывают в куттер, добавляют 25–30% шпика и специй, измельчают в 1–2 оборота чаши куттера. Такой фарш пригоден для изготовления как вареной колбасы, так и мясных хлебов.

Используя вышеизложенный принцип, в состав базового фарша можно вносить:

- 20–30% измельченного кубиками шпика либо свиной шкурки (шпикачки);
- 20–25% измельченного кубиками (6×6 мм) твердого сыра (колбаса с сыром);

- 5–10% очищенных фисташек;
  - 2–3% нарезанного зеленого или красного болгарского перца (паприки);
  - 2–3% оливок без косточек; перед внесением в фарш оливки необходимо ошпарить горячей водой для удаления избытка масла и подсушить;
  - 4–10% свежих грибов (шампиньонов) после их промывки и подсушки;
  - 20–25% измельченного на кубики либо полосы мяса свиных голов;
  - 20–25% смеси посоленных говядины высшего сорта и нежирной свинины, измельченных на волчке с диаметром отверстий решетки 8 мм;
  - 10–15% сердца, посоленного и измельченного на кубики; и т. д.
- Меняя степень измельчения добавляемых мясных ингредиентов (3, 6, 8, 10, 16, 25 мм) и их соотношение с базовым фаршем, можно получить множество разнообразных композиций и на их основе – колбас.

В каждом отдельном случае с учетом вида и количества вносимой «вставки» в фарш дополнительно добавляют поваренную соль и специи.

#### **Эмульсии ливерных колбас и паштетов.**

Специфической особенностью данной группы изделий является наличие выраженных вязко-пластических свойств и повышенное содержание в них жира. Стабилизация свойств получаемых эмульсий осуществляется как за счет увеличивающегося при предварительной термообработке мясной части сырья количества гидрофобных групп, так и за счет введения в рецептуру ингредиентов, обладающих выраженной эмульсионной способностью (молоко, меланж, яйца, печень, белковые препараты, специальные эмульгаторы), а также вследствие интенсивного связывания воды и образования матрикса коллагенсодержащим сырьем, которое при длительной термообработке гидролизуется до глютамина, желатина и желатина.

В зависимости от состава рецептуры и условий предварительной подготовки сырья процесс куттерования осуществляют различными способами.

При наличии в рецептуре печени (30–50%) вначале производят бланширование печени, говядины и свинины, закладывают их в куттер, измельчают, затем добавляют сухое молоко, муку, крахмал, меланж, поваренную соль, лук, пряности; в последнюю очередь – жиросодержащее сырье (жирную свинину, щековину, топленый жир) и бульон.

При преобладании в рецептуре коллагенсодержащего сырья (более 70%) в куттере вначале обрабатывают именно его и только после полной гомогенизации добавляют остальное мясное сырье, поваренную соль, муку, пряности, бульон.

Для получения более нежной консистенции полученную массу после куттерования дополнительно пропускают через машины тонкого измельчения.

Температура готового фарша, приготовленного из предварительно термообработанного сырья (по «горячему» или «холодному» способу) при выгрузке из куттера не должна превышать 12 °C.

В современной технологии весьма популярен «горячий» способ приготовления паштетной массы при совместном использовании печени и специальных эмульгаторов. При этом печень сырую жилованную (15 кг) куттеруют на высокой скорости до образования в ней пузырьков, добавляют поваренную соль (1,8 кг) и раствор нитрита натрия, перемешивают, выгружают из чаши и оставляют в тазиках для охлаждения до температуры 4–5 °C.

Жиросодержащее сырье (45 кг) и свиную шкурку (10 кг) подвергают кратковременной термообработке в воде (35–40 мин при температуре 90–95 °C), отделяют от бульона, загружают в куттер и на высокой скорости измельчают, последовательно добавляя эмульгатор (например, эмульгатор Омфакс – 6 г) и горячий бульон (30 кг).

Куттерование и эмульгирование ведут при температуре 50–55 °C.

При достижении требуемой степени гомогенизации сырья добавляют охлажденную печень и продолжают куттерование при температуре 40–45 °C. Не прекращая измельчения, в конце процесса вносят пряности, крахмал (3%) и консерванты.

Выгрузку готовой паштетной массы из чаши куттера производят при температуре 35–40 °C.

## ЛЕКЦИЯ 8

### БЕЛКОВО-ЖИРОВЫЕ И БЕЛКОВО-КОЛЛАГЕННЫЕ ЭМУЛЬСИИ

**Белково-жировые эмульсии (БЖЭ)** – достаточно распространенный компонент рецептур колбасных изделий «эконом» и «медицин» классов. Как правило, их приготавливают в куттере горячим или холодным способом, используя в качестве стабилизатора получающейся системы «вода + жир» белковые препараты либо специальные эмульгаторы.

В качестве жирового компонента эмульсии возможно использование жирной свинины с содержанием мышечной ткани не более 15%, шпика свиного, обрезков шпика свиного, щековины, жира сырца свиного, жира сырца говяжьего, жира сырца бараньего, жира сырца конского, куриного жира, топленого жира свиного или говяжьего, сливочного масла, маргарина, растительного масла, растительных жиров (пальмовый, кокосовый).

Основные преимущества БЖЭ:

- возможность эффективного использования мясного сырья с низкими функционально-технологическими свойствами;
- получение индивидуальных эмульсий с гарантированно стабильными свойствами;
- высокий уровень функционально-технологической совместимости индивидуальных БЖЭ со структурным матриксом базовой мясной эмульсии;
- позитивное влияние БЖЭ на структурно-механические показатели и величину выхода готовой продукции;

- снижение вероятности появления жировых отеков при термической обработке колбасных изделий;
- экономический фактор.

Приготовление БЖЭ на основе **соевых белковых препаратов** (СБП) осуществляют несколькими способами, причем получение эмульсий с наиболее устойчивыми свойствами, как правило, обеспечивает применение изолированных и концентрированных соевых белков. Рекомендуемые соотношения СБП : жировое сырье : вода находятся в диапазоне от 1 : 3 : 3 до 1 : 6 : 6 и зависят как от типа использованного соевого белкового препарата, так и от свойств жirosыря.

При **холодном способе (вариант I)** в куттер вносят от 1/3 до 2/3 части необходимой для гидратации СБП воды, сухой препарат соевого белка и куттеруют смесь 5–7 мин до температуры 17–20 °C; затем добавляют подмороженное жirosырье (допускается в кусках массой не более 1 кг) и проводят измельчение до полной гомогенизации и достижения температуры 30–35 °C. В конце куттерования вводят остаток воды (в виде водоледяной смеси) и продолжают эмульгирование на высокой скорости до получения пастообразной массы с гладкой, блестящей поверхностью.

Конечная температура готовой эмульсии – не выше 18 °C.

Согласно **варианту II**, жirosырье после подмораживания загружают в куттер, измельчают 1–2 мин, добавляют СБП и воду (70% от общего количества,  $t = 30\text{--}35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и продолжают эмульгировать 5–10 мин до получения однородной вязкой массы с глянцевой поверхностью (не выше 30–35 °C). В конце добавляют остаток воды (30%) в виде водоледяной смеси для снижения температуры, поваренную соль, пищевые красители и вкусо-ароматические добавки (если необходимо). Куттерование заканчивают при достижении температуры 18–20 °C.

Согласно **варианту III**, подмороженное жirosырье загружают в куттер, добавляют 1/3 часть водоледяной смеси и измельчают в течение 0,5–1 мин. Затем добавляют еще воду (1/3 от общего количества) но с температурой 30–35 °C, и соевый белковый препарат. Проводят диспергирование в течение 5–10 мин до достижения температуры массы 35–40 °C.Добавляют оставшуюся 1/3 часть водоледяной смеси, снижают температуру эмульсии до 12–15 °C, выгружают готовую эмульсию из куттера.

Приготовление эмульсий на основе жидких растительных масел в качестве жирового сырья требует соблюдения несколько других требований.

В частности, на первом этапе куттерования в чашу загружают белковый препарат, например, соевые изоляты типа Pro-Vo 500 либо

Pro-Vo 500U и проводят его гидратацию в соотношении с водой 1 : 5. Затем постепенно по краю чаши куттера вводят 5 частей растительного масла, перемешивают массу на низких оборотах ножей и, перейдя на максимальные обороты, доводят ее до состояния эмульсии с температурой 20–25 °C.

Для повышения стабильности эмульсии допускается добавление поваренной соли в количестве 2% к массе эмульсии.

С целью получения более нежной консистенции эмульсию рекомендуется пропускать через машины тонкого измельчения (кроме эмульсий из жидких растительных масел).

Для улучшения функциональных свойств эмульсии рекомендуется выдерживать ее в течение 6–12 часов при температуре 0–4 °C.

Температура белково-жировой эмульсии перед ее непосредственным использованием на этапе приготовления фарша не должна превышать 6 °C.

Продолжительность хранения белково-жировой эмульсии – не более 48 часов при температуре 0–4 °C.

При горячем способе используют подогретую жировую основу (до 25–30 °C) и воду с температурой около 90 °C.

Жирсырье измельчают в куттере, затем добавляют СБП и, продолжая гомогенизацию, постепенно добавляют горячую воду. Эмульгирование ведут на высокой скорости до получения однородной массы. В конце процесса добавляют лед, поваренную соль, пищевые красители.

Кроме соевых (растительных) белков при приготовлении БЖЭ применяют также белковые препараты животного происхождения: на основе белков плазмы крови, молока, гидролизованного коллагенсодержащего сырья, а также их комбинации.

В зависимости от вида, состава и технологии производства данная группа препаратов обладает достаточно широким спектром функциональных свойств, но большая часть имеет выраженную гелеобразующую, водосвязывающую и эмульсионную способности, что позволяет эффективно использовать их при непосредственном внесении в рецептуры эмульгированных продуктов (в сухом либо гидратированном виде в количестве 2–4%) и при приготовлении БЖЭ (табл. 8.1).

Перечень белковых препаратов, имеющих эмульсионные свойства, насчитывает свыше 60 наименований и постоянно пополняется.

Основные преимущества препаратов данной группы заключаются не только в их функционально-технологических свойствах, но и в том, что их применение повышает долю животного белка в продукте, позволяет корректировать соотношение белок : жир и амино-

кислотный состав белкового компонента. Кроме того, в присутствии белковых препаратов животного происхождения в меньшей степени изменяются вкус и запах мясопродуктов.

Многие из них (особенно изготовленные из коллагенсодержащего сырья) обладают высокой гелеобразующей (ККГ = 3–5%), структурирующей и водосвязывающей способностями и могут быть использованы как при холодном, так и при горячем способах приготовления эмульсий.

### 8.1. Характеристики некоторых функциональных белковых препаратов, используемых при изготовлении БЖЭ

Наименование препарата	Происхождение, состав	Массовая доля, %		рН, 1% раствор	ККГ, %	Рекомендуемый уровень	
		белка	жира			гидратации «препарата : вода»	эмульгирования «препарата : вода : жир»
1	2	3	4	5	6	7	8
ТИПРО 600	Плазма крови КРС	68	0,7	6,5	7–8	1 : (9...12)	Холодный способ – 1 : 8 : 8 Горячий способ – 1 : 10 : 10
Концентрат плазмы крови «Росбиотех»	Плазма крови КРС	70	0,6	7,5	9	1 : (5...8)	Холодный способ – 1 : 10 : 10
ТИПРО 800	Подсырная молочная сыворотка	80	2,8	7,2	–	1 : 20 (40)	Горячий способ – 1 : 15 : 15 Холодный способ – 1 : 12 : 12
Концентрат молочной сыворотки	Творожная молочная сыворотка	36	0,6	4,5	–	–	Холодный способ – 1 : 4 : 4
Казеинат натрия	Молочный белок	86	1,8	7,0	–	1 : 4	Холодный способ – 1 : 5 : 5
ТИПРО 601	Гидролизованная свиная шкурка	86	1,0	7,4	4–5	1 : 20 (40)	Горячий способ – 1 : 30 : 30

Продолжение таблицы 8.1							
1	2	3	4	5	6	7	8
GITPRO BP	Смесь животных белков	90	6	7,0	3–4	1 : 12	1 : 15 : 15
Сканпро Т-95	Обезжиренная свиная шкурка	85	10	7,0	4–5	1 : 10 (20)	Горячий способ – 1 : 20 : 20 Холодный способ – 1 : 15 : 15
Сканпро БР-95	То же	92	6	7,0	3–4	1 : 20 (30)	1 : 20 : 20
Сканпро 730/СФ	Коллаген-содержащее сырье + плазма крови	75	10	7,5	10	1 : 10 (12)	1 : 7 : 7
Миогель	Глобин крови	65	0,7	7,0	14	1 : 5	1 : 4 : 4

Например, животный белок Сканпро Т-95, обладающий высоким функционально-технологическим потенциалом (ВСС – до 18 г воды/1 г препарата, ЖУС – до 1,8 г, ЭС = 50%, ККГ = 4–5%), обеспечивает получение стабильных БЖЭ в соотношении до 1 : 20 : 20 при горячем способе производства. При этом в куттер загружают предварительно измельченное на волчке с диаметром отверстий решетки 3–5 мм жировое сырье, добавляют 1/3 часть горячей (70–90 °C) воды, вносят препарат Сканпро и диспергируют систему. Затем доливают оставшуюся часть горячей воды и ведут процесс до образования эмульсии. Температура эмульсии в куттере не должна снижаться ниже 45–50 °C. В полученную эмульсию добавляют 2% соли; могут быть введены красители и вкусоароматические добавки. Эмульсию выгружают из куттера, раскладывают в тазики для охлаждения до 4–6 °C, после чего используют при производстве варенных, варено-копченых, ливерных колбасных изделий.

Белково-жировые эмульсии с использованием животных белков GITPRO BP приготавливают следующим образом. В качестве жирового сырья применяют жирную свинину, шпик, жир-сырец, куриный жир, растительные жиры и масла. Соотношение белковый препарат : жировое сырье : вода в составе эмульсии от 1 : 10 : 10 до 1 : 15 : 15.

В куттер вносят жирное сырье и куттеруют 1–2 мин, после чего вносят животный белок GITPRO BP и продолжают куттерование в

течение 1–2 мин. Затем добавляют горячую воду, имеющую температуру не ниже 50 °C, и ведут обработку смеси до образования эмульсии 5–10 минут. Температура готовой эмульсии должна быть не ниже 35–40 °C.

После охлаждения полученную белково-жировую эмульсию на основе GITPRO BP добавляют в мясные фарши (на второй стадии куттерования – после обработки нежирного сырья) варенных колбас, сосисок, сарделек, полукопченых и варено-копченых колбас, полуфабрикатов и т. п.

В случае производственной необходимости при изготовлении белково-жировых эмульсий могут быть использованы эмульгаторы бинарного состава, например, соевые изоляты Pro-Vo и животный белок GITPRO BP, взятые в соотношении (2 : 3) : 1, которые хорошо сочетаются по функционально-технологическим свойствам.

**Казеинат натрия** – молочно-белковый препарат, широко использовавшийся в отечественной мясной отрасли в 1970–1980-е годы, но затем на длительный период вытесненный с продовольственного рынка более дешевыми и многофункциональными импортными белкосодержащими добавками. При этом в условиях, свойственных большинству мясных систем (рН выше 6,0; концентрация поваренной соли 2–2,5%; температурные параметры технологических процессов) препараты казеината натрия имеют достаточно высокие растворимость, эмульсионные свойства, водопоглотительную и жироудерживающую способности. Недостатком казеинатов является отсутствие у них гелеобразующей способности. Являясь активным эмульгатором, казеинат натрия способен адсорбироваться на поверхности частиц жира и образовывать прочный адсорбционный слой, предотвращая таким образом вероятность образования жирового отека.

Однако когда в мясной системе находится несколько типов белков (миофibrillярные, соевые, казеинат натрия), что характерно для продукции комбинированного состава, в мясных эмульсиях может возникнуть явление конкурентной адсорбции на поверхности вода/жир. По мнению ряда исследователей, суть явления заключается в том, что при диспергировании жира в присутствии нескольких белков на поверхности раздела фаз адсорбируются преимущественно более поверхностно-активные белки. Известно, что поверхностная активность мясных белков, в частности миозина, существенно выше, чем у других пищевых белков. Таким образом, при эмульгировании жира в присутствии мясных белков и казеината натрия поверхность частиц жира будет стабилизирована преимущественно миозином, а казеинат натрия останется в водной фазе.

Исходя из этого, казеинат натрия наиболее рационально использовать при приготовлении колбас с низким содержанием мышечной ткани, т. е. эконом-класса, в рецептуры которых входят ММО, коллагенсодержащее сырье либо белково-жировые эмульсии.

Некоторые специалисты, учитывая наличие у казеината натрия выраженной жироудерживающей способности, считают, что его целесообразно вводить в куттер на стадии обработки жirosодержащего сырья, так как это обеспечивает лучшее эмульгирование. Однако, на наш взгляд, выбор момента внесения казеината натрия во многом зависит от его количественного содержания в рецептуре: при малых дозах использования (1,5–2,0%) его следует добавлять в процессе обработки жirosодержащего сырья; при нормах в 2,5–3,5% наиболее оправданно большую часть (для повышения ВСС фарша) вводить во время обработки нежирного сырья в гидратированном либо сухом виде, а остаток – при обработке жирового сырья (для обеспечения эмульгирования). Если предусмотрено использование более высоких доз казеината натрия, то его следует вводить (в сухом виде либо после гидратации) в начале обработки нежирного сырья либо использовать для приготовления белково-жировых и белково-коллагеновых эмульсий (БКЭ).

Рецептуры некоторых видов БЖЭ и БКЭ с использованием казеината натрия представлены в табл. 8.2.

## 8.2. Рецептуры типовых БЖЭ и БКЭ на основе казеината натрия

Компоненты	Массовая доля, %				
Казеинат натрия*	5	9	15	9	6*
Жир-сырец свиной, говяжий, шпик, обрезки шпика, щековина, паштина свиная	40	43,2	20	45,5	42
Свиная шкурка или белковый стабилизатор	15	—	—	—	—
Вода	40	43,2	64	45,5	25
Форменные элементы или цельная кровь	—	4,6	—	—	27
Пектин свекловичный	—	—	1	—	—
<b>Итого:</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

\* Допускается использовать вместо казеината натрия сухое молоко либо соевые белковые препараты.

Приготовление белково-жировых эмульсий и БКЭ на основе казеината натрия осуществляют следующим образом.

В куттер загружают воду и казеинат натрия, проводят диспергирование в течение 4–5 мин, после чего добавляют предварительно измельченное на волчке жirosырец либо свиную шкурку и продолжают куттерование еще 3–5 мин. На заключительном этапе загру-

жают форменные элементы или кровь, пектин, поваренную соль в количестве 2–2,5% к массе эмульсии.

После куттерования эмульсию пропускают через эмульситатор или коллоидную мельницу.

Более устойчивые эмульсии образуются при горячем способе приготовления: при 35–60 °C жир плавится, а казеинат сохраняет свои функциональные свойства.

Хороший технологический результат может быть получен при комплексном использовании казеината натрия с соевыми белковыми препаратами: соевый белок выполняет функцию гелеобразующего и водосвязывающего компонента, а казеинат натрия усиливает жироудерживающие и эмульсионные свойства системы.

Имеется опыт корректировки слабовыраженной гелеобразующей способности казеината натрия путем его применения совместно с некоторыми пищевыми гидроколлоидами (каррагинанами, камедями и т. д.).

Отмечая перспективность использования ряда пищевых гидроколлоидов (каррагинаны, пектины, крахмалы и т. д.) для стабилизации свойств эмульсий, дефицитных по содержанию солерастворимых белков, следует обратить внимание на то, что их введение (например, каррагинана) в сухом виде или в виде суспензий существенного влияния на свойства нативных мясных эмульсий практически не оказывает. Технологический эффект от каррагинанов (увеличение ВСС, структурообразование), нативных крахмалов, а также соединительной ткани, подвергшейся гидротермическому распаду с образованием глютина и желатоз, проявляется только после термообработки колбасных изделий.

В современной технологии в состав наиболее распространенных комплексных стабилизирующих систем, как правило, входят (кроме каррагинанов различной степени очистки) гуаровая камедь, камедь рожкового дерева, ксантин, карбоксиметилцеллюлоза. Их применение при дозировке 0,3–1,2% позволяет эффективно связать избыток технологической воды непосредственно при куттеровании, увеличить вязкость и уровень стабильности получаемой системы при одновременном снижении норм использования собственно эмульгатора.

При комплексном применении биополимеров необходимо иметь в виду наличие у ряда из них явных конкурентных отношений. В частности, показана функционально-технологическая и термодинамическая несовместимость использования желатина с нативным крахмалом, крахмала с каррагинаном. Ранее был рассмотрен пример конкурентных отношений казеината натрия и миозина.

Некоторые предприятия при приготовлении белково-жировых эмульсий наряду с белковыми препаратами широко применяют *специальные эмульгаторы*, большинство из которых, как правило, представляют собой смеси моно- и диглицеридов, лецитина (фосфолипиды), эфиры уксусной или лимонной кислот, сапонины, композиции определенных фосфатов (в основном, ди- и трифосфаты – Е450/Е451), гуаровой камеди, модифицированных крахмалов и т. д.

В качестве дополнительных средств в состав коммерческих препаратов эмульгаторов могут быть введены пищевые дрожжи, горчичный порошок, молочные и растительные белки; наполнителем, как правило, является поваренная соль, экстракты или наборы пряностей (табл. 8.3).

### 8.3. Типичный состав некоторых групп коммерческих препаратов эмульгаторов

Группа, класс	Композиционный состав
Лецитиновые	Лецитины (фосфатидилхолины) – до 25%, кефалины (фосфатидилэтаноламины) – до 25, фосфатидные кислоты – 5–10, фосфатидсерины – до 15, дифосфатидсерины, токоферолы, пигменты, углеводы – до 17, нейтральные триглицериды – до 40%
	Синтетические аналоги лецитинов (Е442): сложная смесь аммониевых солей различных фосфатидных кислот, которые являются продуктами взаимодействия ортофосфорной кислоты с остатками ацилглицеринов
Глицеридные	Моно- и диглицериды жирных кислот (Е471), гуаровая камедь (Е412), растительный белок Эфиры диацетилвинной кислоты с моно- и диглицеридами (Е477), гуаровая камедь (Е412), лактоза, эфирные масла Эфиры лимонной и уксусной кислот с моно- и диглицеридами жирных кислот (Е472 c), камедь рожкового дерева (Е410), поваренная соль, растительный белок Моно- и диглицериды жирных кислот (Е471), гуаровая камедь (Е412), каррагинан (Е407)
Фосфатные	Фосфаты пищевые (Е450, Е451, Е452), каррагинан (Е407), камедь рожкового дерева (Е410), аскорбинат натрия (Е316), растительный белок, глутаминат натрия (Е621), декстроза Ди- и трифосфат (Е450, Е451), гуаровая камедь (Е412), пивные дрожжи, экстракты пряностей, поваренная соль

При проведении оценки технологической эффективности индивидуальных эмульгаторов можно ориентироваться на величину показателя гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ), используемого в колloidной химии: для мясных систем предпочтительным является

ся применение эмульгаторов, характеризующихся величиной ГЛБ в диапазоне от 10 до 18.

Современные коммерческие эмульгаторы даже при малых концентрациях введения (0,5–1,0%) позволяют получать устойчивые водожировые системы. В частности, препарат Ф.Э.Т. 230 ХС при минимальном содержании обеспечивает получение устойчивых водожировых эмульсий как при холодном, так и при горячем способе их производства (рис. 8.1).

#### Холодный способ



#### Горячий способ



Рис. 8.1. Получение устойчивых водожировых эмульсий при холодном и горячем способах

Многофункциональные смеси типа РУМИКС ЭМ 1, ЭМ 2 и ЭМ 3, являющиеся композициями пищевых добавок – структурообразователей (Е471 и Е472c), обеспечивают стабилизацию свойств мясных систем с повышенным содержанием жира, способствуют снижению риска образования бульонно-жировых отеков, улучшению нарезаемости готовой продукции. Их вносят в сухом виде (0,3–0,5 кг) в куттер либо в мешалку на стадии обработки сырья.

Смеси РУМИКС предназначены для использования в технологии производства вареных, полукопченых и варено-копченых колбас, реструктуризованных (ветчинных) мясопродуктов, паштетов, ливерных колбас.

Группа эмульгаторов «Универсал» позволяет получать стабильные водожировые эмульсии при соотношениях препарата : жир : вода от 1 : 17 : 17 до 1 : 50 : 50. Группа эмульгаторов «хамульсионы» SBE и MSR стабилизирует эмульсии при соотношениях препарата : жир : вода от 1 : 10 : 12 до 1 : 13 : 13.

С учетом имеющейся тенденции к увеличению объемов переработки мяса птицы в колбасном производстве представляет интерес опыт ряда фирм по использованию в качестве жировой составляющей птичьего жира-сырца.

Эмульсию белково-жировую на основе жира-сырца птичьего (табл. 8.4) готовят следующим образом. Жир-сырец птичий (куриный, индюшинный, гусиный, утиный) тщательно зачищают от пленок и соединительной ткани, промывают холодной проточной водой и после стекания воды направляют на приготовление эмульсии.

#### 8.4. Приготовление эмульсии белково-жировой на основе жира-сырца птичьего

Компоненты	Норма расхода компонентов, кг на 100 кг белково-жировой эмульсии			
	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 3	Рецептура 4
Белок соевый изолированный	2,5	2,5	5	2,5
Жир-сырец птичий (куриный, индюшинный, гусиный, утиный в любом соотношении)	45	45	45	45
«Универсал арома экономик»	1,0	—	—	—
«Омфакс»	—	1,5	—	—
Премикс 33	—	—	0,7	—
Премикс 33 ВС	—	—	—	1,5
Вода холодная	51,5	—	20,0	10,0
Вода горячая (температура 60–65 °C)	—	51,0	29,3	41,0
ИТОГО	100	100	100	100
Соль поваренная пищевая	2,2	2,2	2,2	2,2

Подготовленный жир-сырец измельчают на волчке через приемный нож либо нарезают вручную небольшими кусками. Изготовление БЖЭ ведут в куттере: первоначально в чашу заливают холодную воду (водоледянную смесь), необходимую для гидратации соевого белка, добавляют СБП и диспергируют препарат 2–3 мин, после чего вводят измельченный жир-сырец птичий, эмульгатор (средство для куттерования) и ведут процесс гомогенизации до достижения температуры 38–40 °C. Далее в куттер вводят горячую (60–65 °C)

воду, соль поваренную и куттеруют до получения однородной тонкоизмельченной массы.

Готовую эмульсию охлаждают до 0–4 °C и используют при производстве вареных и полукопченых колбас из мяса птицы.

Срок хранения готовой БЖЭ при температуре 0–4 °C – не более 48 ч.

С целью снижения себестоимости продукции эконом-класса ряд предприятий использует в составе рецептур БЖЭ, приготовленные с использованием растительного масла.

Применение БЖЭ на основе растительного масла или БКЭ, приготовленной из сырой кожи птицы взамен мяса птицы механической дообвалки в количестве 10% позволяет снизить себестоимость готовых изделий на 7–8% без существенного изменения качественных показателей продукции.

Приготовление эмульсий белково-жировых на основе растительного масла (табл. 8.5) производят в следующей последовательности.

#### 8.5. Приготовление эмульсии белково-жировой на основе масла растительного

Компоненты	Норма расхода компонентов, кг на 100 кг БЖЭ		
	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 3
Белок соевый изолированный	—	9	4,5
Масло подсолнечное или растительное рафинированное	40	45	45
«Универсал FR 254»	5	—	—
«Ориенталь»	—	—	—
Премикс 33	—	0,7	—
Премикс 33 ВС	—	—	1,5
Вода холодная	55	45,3	49,0
ИТОГО	100	100	100
Соль поваренная пищевая	2,0	2,3	2,3

В куттер вносят воду (либо водоледянную смесь), добавляют соевый белковый изолят и гомогенизируют систему 2–3 мин до образования геля. Затем в чашу куттера вливают масло растительное рафинированное, продолжают куттерование 30–60 с, после чего добавляют эмульгатор, соль поваренную и ведут обработку еще 3–5 мин до получения однородной вязко-пластичной массы.

Готовую эмульсию используют непосредственно после приготовления; допускается хранить эмульсию при температуре 0–4 °C не более 24 ч.

В зависимости от цели технологического использования (вид колбасных изделий, базовый рецептурный состав, продолжительность хранения готовой продукции и т. д.) при изготовлении БЖЭ в их состав могут быть введены красители (0,1–0,2%), консерванты (до 0,3%), усилители вкуса, пряности, поваренная соль. Поваренную соль, как правило, добавляют (особенно при работе с соевыми белковыми препаратами) либо до момента закладки последней части водоледяной смеси, либо за 1–1,5 мин до конца куттерования. Продолжительность хранения белково-жировых эмульсий не превышает 48 ч при температуре 0–4 °C.

Количественный диапазон введения БЖЭ в рецептуры вареных колбас, сосисок и сарделек эконом-класса зависит от вида эмульсии и составляет от 8 до 30%.

При производстве варенных колбас, сосисок, сарделек и мясных хлебов из мяса птицы взамен мяса механической дообвалки птицы допускается введение в рецептуры:

- эмульсий белково-жировых на основе растительного масла в количестве до 15%;
- эмульсий из сырой кожи птицы в количестве до 10%;
- БЖЭ на основе жира-сырца птичьего в количестве до 10%.

Следует иметь в виду, что применение данных видов наполнителей требует соблюдения ряда требований во избежание ухудшения качества готовой продукции.

В частности, не рекомендуется:

- использование БЖЭ на основе растительного масла в рецептурах, содержащих крупу манную и соевые белковые препараты;
- совместное применение БЖЭ на основе растительного масла и БКЭ из сырой кожи птицы.

Добавляют заранее приготовленные БЖЭ к базовой рецептуре, как правило, в начале второй фазы куттерования – после завершения гомогенизации основного сырья, до или вместе с жироодержащими ингредиентами рецептуры.

В качестве примера рассмотрим последовательность процесса куттерования сырья при приготовлении фарша вареной колбасы «Ростокинская».

На первой стадии обрабатывают в куттере суспензию соевого белка (2 кг соевого препарата + 8 кг водоледяной смеси) в течение 1–2 мин (либо загружают заранее приготовленный гель). Затем закладывают нежирное сырье (48 кг говядины жилованной 1 сорта), измельчают на малой скорости в несколько оборотов чаши, добавляют 7,5 г нитрита натрия (в виде 2,5%-ного раствора), фосфаты

(Абастол-305 – 0,3 кг или Биофос-90 – 0,5 кг) или комбинированные специи (1 кг – Кнакервурст комбинированная или Рондамит ПРИМ), поваренную соль (2,5 кг), часть водоледяной смеси (10 кг).

На второй стадии в куттер вносят жирную свинину (22 кг), БЖЭ (18 кг) и оставшуюся водоледяную смесь (15–20 кг). Ведут измельчение на высоких скоростях в течение 3–5 мин, добавляя сухое молоко (2 кг), специи (если они не были введены на первой стадии).

Куттерование заканчивают при образовании хорошо эмульгированного гомогенного фарша. Температура мясной эмульсии при выгрузке 12–14 °C.

Необходимо отметить, что в производственных условиях имеются примеры достаточно неординарных решений при проведении процесса куттерования фаршей, в состав рецептур которых входит значительное количество жира при дефиците мышечных белков.

Ряд специалистов предлагают при производстве колбас с высоким содержанием жира с целью сокращения технологического брака (бульонно-жировые отеки) осуществлять процесс куттерования в несколько модифицированном виде: на I фазе провести гомогенизацию нежирного мяса в присутствии фосфатов, поваренной соли и раствора нитрита натрия; на II фазе – ввести в 3–4 приема всю закладку технологической воды; на III фазе – добавить жироодержащее сырье и приготовить собственно эмульсию.

В промышленности имеется также опыт приготовления фаршей для колбас эконом-класса, в составе рецептур которых преобладают мясо механической дообвалки, тримминг, белково-жировые, белково-коллагеновые эмульсии, крахмал (свыше 3%), по однофазному варианту куттерования. При этом все ингредиенты рецептуры одновременно загружают в чашу куттера, после чего осуществляют их гомогенизацию, смешивание и эмульгирование. Заканчивают процесс после получения фаршем требуемой липкости и структуры и достижения температуры 8–20 °C.

В рассмотренном выше случае полученная после куттерования система может быть избыточно жидкой, однако вследствие проявления структурирующих и водоудерживающих свойств белковых препаратов, коллагенсодержащего сырья, каррагинанов и особенно крахмалов, входящих в ее состав, готовый продукт приобретает упругую консистенцию и высокий выход.

**Белково-коллагеновые эмульсии (БКЭ)** представляют собой структурированные системы, изготавливаемые на основе сырья с повышенным содержанием соединительной ткани, в качестве которого, как правило, используют свиную шкурку, жилку, кожу птицы.

Несмотря на то, что эти виды коллагенсодержащего сырья относятся к группе животного сырья, их отличительными особенностями являются:

- высокие прочностные характеристики;
- наличие специфического (субпродуктового) запаха и вкуса;
- наличие легкоокисляющегося жира;
- высокая микробиологическая обсемененность;
- пониженные функционально-технологических свойства в натуральном состоянии;
- низкий уровень биологической ценности. Коллаген является неполноценным белком.

Различия результатов применения БКЭ и БЖЭ при производстве варенных колбас заключаются в том, что использование белково-жировых эмульсий придает готовой продукции повышенную нежность и сочность, а белково-коллагеновых эмульсий – плотность и упругость.

Научно-практический интерес к расширению области использования коллагенсодержащего сырья в колбасном производстве существует многие десятилетия. В результате удалось сформулировать основные принципы технологического применения этого сырья, позволяющие нивелировать негативные особенности его строения, состава и свойств.

В частности, в современных технологиях предусмотрено:

- изменение структуры коллагенсодержащего сырья путем его измельчения, осуществления гидролиза в растворах пищевых кислот и щелочей, проведения термообработки (одно- либо многократной), что позволяет существенно улучшить органолептические характеристики сырья, повысить функционально-технологический потенциал (набухаемость, гелеобразующую и водосвязывающую способность) белков, предотвратить развитие нежелательных микроорганизмов и окислительных процессов липидов;
- использование коллагенсодержащего сырья в совокупности с коммерческими белковыми препаратами, которые, с одной стороны, компенсируют своим составом дефицит незаменимых аминокислот, с другой – на фоне высоких структурирующих и водосвязывающих свойств продуктов гидротермического распада коллагена (глютин, желатозы, желатин) обеспечивают проявление жироудерживающих и эмульсионных свойств системами на основе коллагенсодержащего сырья;



## ПТИ - ваш надежный партнер!

**ПТИ-Центр**  
г. Москва  
Тел./факс (495) 786-85-64/65  
info@protein.ru

**ПТИ-Санкт-Петербург**  
г. Санкт-Петербург  
Тел. (812) 327-63-39/40  
nord@protein.ru

**ПТИ-Урал**  
г. Екатеринбург  
Тел. (343) 369-00-96  
ural@protein.ru

**ПТИ-Агидель**  
г. Уфа  
Тел./факс (3472) 74-56-26  
agidel@protein.ru

**ПТИ-Кама**  
г. Пермь  
Тел./факс (342) 262-66-96  
kama@protein.ru

**ПТИ-Юг**  
г. Краснодар  
Тел./факс (861) 210-07-09/10  
south@protein.ru

**ПТИ-НН**  
г. Нижний Новгород  
Тел. (8312) 75-83-40/41/42  
nn@protein.ru

**ПТИ-Самара**  
г. Самара  
Тел./факс (846) 266-38-02  
(846) 243-30-28  
samara@protein.ru

**ПТИ-Воронеж**  
г. Воронеж  
Тел. (4732) 51-97-18  
(4732) 39-69-29  
voronezh@protein.ru

**ПТИ-Иркутск**  
г. Иркутск  
Тел. (3952) 44-42-60  
(3952) 96-10-09  
irkutsk@protein.ru

**ПТИ-Баку**  
г. Азербайджан, г. Баку  
Тел. (+99450) 210-90-45  
baku@protein.ru

**ПТИ-Казахстан**  
Казахстан, г. Алматы  
Тел. (7272) 34-06-91  
kazakhstan@protein.ru

**ПТИ-Ереван**  
Армения, г. Ереван  
Тел. (+374) 1063-75-43  
kaiizyan@protein.ru

**ПТИ-Калининград**  
г. Калининград  
Тел. (4012) 69-85-17  
kaliningrad@protein.ru

**ПТИ-Одесса**  
г. Одесса  
Тел. +38(048) 785-58-38  
г. Днепропетровск  
Тел. +38(056) 374-36-28

**ПТИ-Беларусь**  
г. Минск  
Тел. (375) 172-39-25-99  
Факс (375) 172-39-27-99  
belotussia@protein.ru

**ПТИ-Беларусь**  
г. Минск  
Тел. (375) 172-39-25-99  
Факс (375) 172-39-27-99  
belotussia@protein.ru



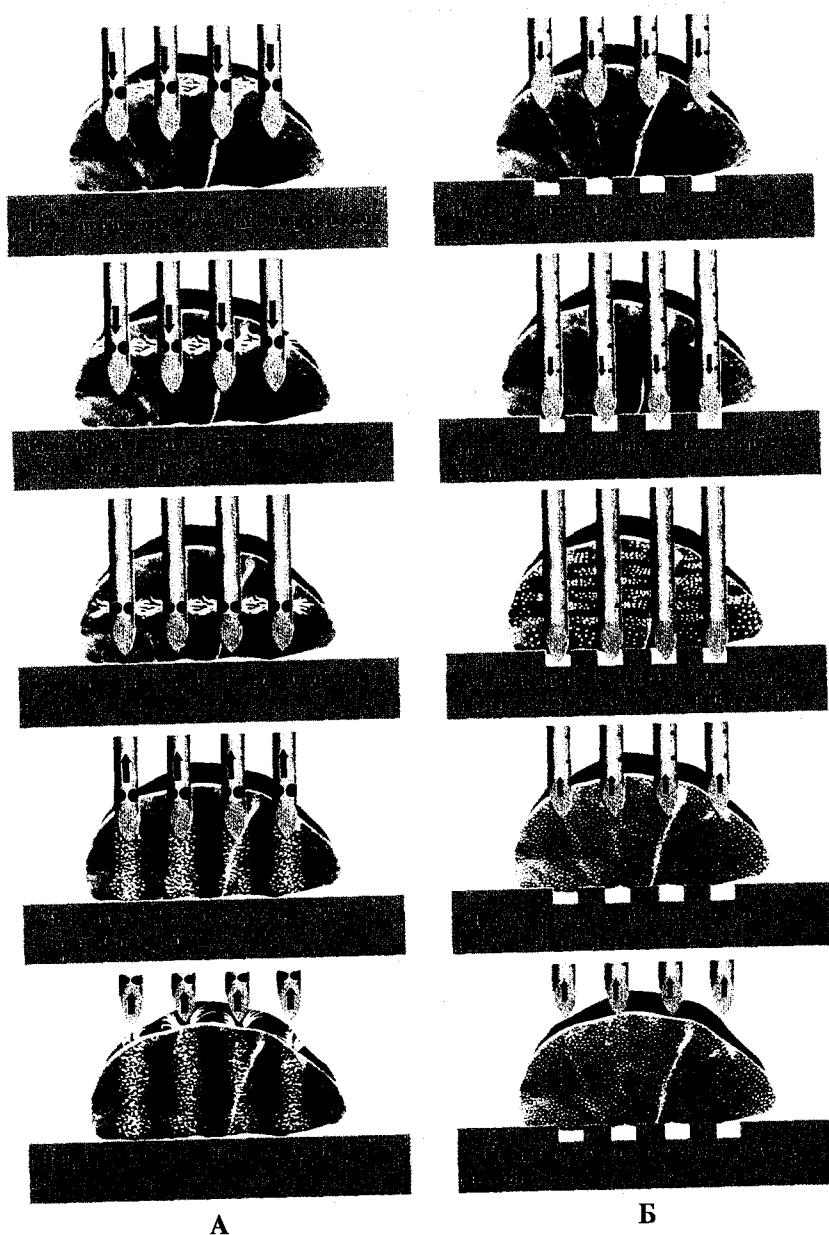


Рис. IX. Принципиальная схема процесса инъектирования рассолов и их распределения при традиционном (А) и спрей-распылительном (Б) способах посола мясного сырья

- количественное введение коллагенсодержащего сырья, как правило, ограничивается 12–15% от общего содержания белка в мясопродуктах, и так как коллаген может выполнять функцию пищевого волокна, его присутствие в данных концентрациях является физиологически обоснованным.

Как уже отмечалось, коллагенсодержащее сырье, и в частности свиная шкурка, всегда привлекали внимание специалистов колбасного производства.

Зачищенная свиная шкурка содержит 10–12% белка, 13–15% жира, 1,2–1,6% углеводов, около 3% золы и 72–75% воды, что ставит ее в один ряд не только с субпродуктами и мясом механической обвалки, но и с некоторыми видами основного сырья.

По этим причинам еще в 1960–1970-е годы были разработаны и широко использовались в промышленности различные способы получения белковых стабилизаторов на основе свиной шкурки; некоторые из них нам представляется целесообразным рассмотреть.

#### I способ – «холодный».

Свиная шкурка, получаемая при разделке свинины, должна быть свежей, без признаков порчи и окисления жира, освобожденной от прирезей жира, остатков щетины и тщательно промытой.

Шкурку измельчают на волчке с диаметром отверстий решетки 2–3 мм, добавляют холодную воду 50% к массе сырья, перемешивают, повторно измельчают на коллоидной мельнице и выдерживают при температуре 2–4 °C в течение 12–24 ч.

Загустевшую массу снова измельчают на волчке ( $d$  отв. 2–3 мм). Полученный белковый стабилизатор (выход 135% к массе исходного сырья) вводят взамен 5–6% мяса в рецептуры вареных колбас, сосисок и сарделек.

#### II способ – «горячий».

**A.** Обезжиренную шкурку помещают в кипящую воду 1:1,5 и варят при температуре 90–95 °C в течение 6–8 часов до полного размягчения, после чего измельчают на волчке ( $d$  отв. 2–3 мм), перемешивают с бульоном (50% к массе), повторно измельчают на коллоидной мельнице или в куттере и выдерживают в тазиках при температуре 2–4 °C в течение 12–24 ч.

Полученную массу вновь измельчают на волчке ( $d$  отв. 2–3 мм) и добавляют в рецептуры эмульгированных мясопродуктов на первой фазе куттерования. Выход получаемого белкового стабилизатора – 130% к массе исходного сырья.

**B.** Свиную шкурку варят в воде (жидкостный коэффициент 1:1,5) в течение 3 ч, после чего измельчают на волчке ( $d$  отв. 2–3 мм),

добавляют 50% к массе бульона и вновь варят 2,5–3 ч. По окончании варки смесь помещают в куттер и гомогенизируют в горячем виде.

Полученный белковый стабилизатор помещают в тазики, выдерживают 20–24 ч при температуре 2–4 °C.

После охлаждения дополнительно измельчают на волчке и добавляют при куттеровании.

Выход готового стабилизатора – 130% к массе исходного сырья.

**В.** Свиную шкурку укладывают в тазики (без воды), размещают на рамках и помещают в пароварочной камере. Варку проводят 7–8 ч, после чего шкруку вместе с бульоном (конденсат) измельчают на волчке (*d* отв. 2–3 мм), добавляют 2% соли, 25–30% льда и куттеруют до полной гомогенизации.

Выход полученного стабилизатора – до 180% к массе исходного сырья.

**Г.** Одним из вариантов использования свиной шкурки в сочетании с кровью убойных животных является получение белково-коллагеновой эмульсии типа «гемолит».

Свиную шкурку зачищают, моют, варят в воде до полного размягчения и измельчают на волчке (*d* отв. 3–5 мм).

60 кг подготовленной шкурки перемешивают с 40 кг стабилизированной говяжьей или свиной пищевой крови, добавляют раствор нитрита натрия (25 г на 100 л крови) и 2 кг поваренной соли.

Смесь перемешивают, заливают в емкости и варят до загустения. После охлаждения полученную гелеобразную массу красновишневого цвета используют по технологическому назначению:

- в качестве наполнителя колбас с пониженным содержанием мышечной ткани;
- в качестве «вставок» в различные виды колбас после грубого измельчения на куттере;
- при производстве «слоенных» субпродуктовых изделий в форме, фаршированных колбас в оболочке и т. п.

При необходимости в гемолит добавляют специи.

Немецкие специалисты рекомендуют при комплексном использовании цельной крови и свиной шкурки следующие соотношения: 50% вареной свиной шкурки, 15% цельной крови, 35% воды.

Анализ наиболее распространенных отечественных способов получения белковых стабилизаторов из свиной шкурки показывает, что основным технологическим их назначением является: частичная замена мясного сырья, повышение водоудерживающей способности (и собственно выхода), придание готовой продукции упругоэластичных свойств.

Появление на пищевом рынке коммерческих белковых препаратов, пищевых добавок (в первую очередь пищевых кислот и их солей, эмульгаторов, гидроколлоидов) привело к существенной модификации условий подготовки сырья и, как следствие, к существенным изменениям функционально-технологических свойств (увеличение водо-, жirosвязывающей и эмульсионной способности) получаемой белковой добавки.

Для ускорения процесса набухания и гидролиза коллагена, кроме традиционного замачивания сырья в воде, стали широко применять выдержку свиной шкурки и говяжьей жилки в рассолах (концентрация поваренной соли от 2 до 10%), в слабых (2–3,5%) растворах пищевых кислот (уксусной, молочной, винной), в растворах пищевых фосфатов, бикарбоната натрия и т. п. Подобная обработка одновременно с гидролизом обеспечивает, как правило, обеззараживание сырья, его отбеливание и дезодорацию.

Примеры:

I. а) Свиную шкурку (100 кг) заливают водой (100 кг), содержащей молочную кислоту (1,5–2 кг) и выдерживают 24 ч при температуре 2–4 °C. Сливают заливочный раствор; шкурку загружают в куттер, добавляют пищевые фосфаты (0,6 кг), водоледянную смесь (150–200 кг) и проводят гомогенизацию до сметанообразного состояния, контролируя уровень конечной температуры (12–14 °C).

Полученную супспензию в дальнейшем используют при изготовлении белково-коллагеновых эмульсий.

б) Свиную шкурку или говяжью жилку (100 кг) заливают водой (100 кг), содержащей препарат «ОмСтаб РР» (2 кг) и выдерживают 12–24 ч. Шкурку тщательно промывают, загружают в куттер, добавляют пищевые фосфаты (0,4 кг), водоледянную смесь (150–200 кг) и проводят гомогенизацию до сметанообразного состояния, контролируя уровень конечной температуры (12–14 °C).

в) Свиную шкурку (100 кг) заливают водой (100 кг), содержащей фосфатную добавку «Альмин НВ» (6 кг) и выдерживают 24 часа при температуре 2–4 °C. Сливают заливочный раствор; шкурку загружают в куттер, добавляют пищевые фосфаты (0,6 кг), водоледянную смесь (150–200 кг) и проводят гомогенизацию до сметанообразного состояния, контролируя уровень конечной температуры (12–14 °C).

Полученную супспензию в дальнейшем используют при изготовлении белково-коллагеновых эмульсий.

II. Говяжью жилку подсортируивают, отделяя эластиновые волокна и кость, заливают раствором пищевых кислот (винная, молочная) с pH 3–4 и выдерживают при температуре 0–4 °C в течение 2 сут.

Выход жилки после набухания – 120% к массе исходного сырья. Подгидролизованное сырье промывают водой, измельчают на волчке ( $d$  отв. 3–5 мм), после чего куттеруют в присутствии водоледянной смеси до получения суспензии, которая может использоваться как индивидуально (в виде стабилизатора), так и в составе белково-коллагеновых эмульсий.

III. Коллагенсодержащее сырье заливают 3–5% раствором смеси органических кислот. Жидкостной коэффициент 1 : 1. Выдерживают 24 ч при температуре 0–4 °C, после чего промывают водой.

Выход: 115–120% к массе исходного сырья.

Измельченную на волчке ( $d$  отв. 2–3 мм) шкурку применяют либо как добавку к рецептограммам варенных колбас, либо как компонент БКЭ.

IV. Модификацией вышерассмотренных способов является вариант комплексного использования при переработке свиной шкурки препаратов пищевых кислот и специальных зубчатых куттерных ножей, что позволяет существенно повысить как функционально-технологические свойства получаемых БКЭ, так и рентабельность производства.

При этом рекомендуется размороженную и защищенную свиную шкурку выдержать (для набухания коллагена, разрыхления его внутренней структуры и повышения гидратационной способности) в 3–4% растворе пищевых кислот (молочной, винной и др.) в течение 12–24 ч при температуре 6–8 °C. Затем сырье промывают холодной водой, взвешивают и подвергают измельчению на куттере с зубчатыми ножами. Куттерование начинают на первой скорости ножевой головки (5–6 оборотов чаши) до равномерного распределения сырья по объему чаши, после чего переходят на максимальную скорость без добавления воды. Процесс измельчения ведут до температуры 35–39 °C, затем в куттер добавляют рассчитанное в зависимости от планируемого выхода эмульсии количество водоледянной смеси, снижают температуру и продолжают процесс куттерования до достижения 12 °C.

На заключительном этапе в БКЭ можно добавить поваренную соль и пищевые красители.

Согласно данному способу:

- полученная эмульсия характеризуется высокой степенью дисперсности, повышенной водосвязывающей и гелеобразующей способностями;
- выход БКЭ к массе исходного сырья может составлять до 300%;
- исключается необходимость предварительного измельчения сырой шкурки на волчке;

- снижается общая продолжительность процесса куттерования с 40–50 до 15–20 мин.

V. Свиную шкурку (100 кг) подмораживают до температуры –8...–10 °C, измельчают на блокорезке, строгальной машине либо волчке, загружают в куттер, добавляют фосфатный препарат (1,8–2,2 кг) и проводят измельчение в присутствии 70–80 кг водоледянной смеси.

В конце куттерования к суспензии добавляют 2% поваренной соли. Перед введением в мясные системы белковый стабилизатор рекомендуется дополнительно пропустить через эмульситатор.

VI. Свиную шкурку заливают 0,3% раствором бикарбоната натрия (питьевая сода). Жидкостный коэффициент 1 : 2. Затем ведут варку: после достижения температуры 90–95 °C – не более 30 мин во избежание полного растворения шкурки. Межсосковую часть варят 15–20 мин. За 5 мин до окончания термообработки добавляют поваренную соль (1,5–2% к массе сырья).

После завершения варки шкурку тщательно промывают холодной водой (для нейтрализации pH), измельчают в куттере и используют как белковый стабилизатор либо как часть БКЭ.

VII. Свиную шкурку измельчают на волчке ( $d$  отв. 2–3 мм), помещают в куттер и гомогенизируют 7–10 мин до достижения температуры 30–35 °C. Перекладывают сырье в варочный котел, заливают водой и добавляют соль: на 20 кг шкуры 97 л воды и 3 кг поваренной соли. Проводят термообработку при температуре 45–50 °C в течение 4 ч. Подготовленную шкурку (100 кг) вновь загружают в куттер, добавляют 7 кг жирсырья, пищевые фосфаты (0,3 кг), 13 кг сырой измельченной шкурки, соль (1,0%), пищевые красители, консерванты и ведут измельчение до полной гомогенизации.

VIII. Говяжью жилку отсортировывают, зачищают, промывают и варят (при жидкостном коэффициенте 1 : 2) в воде в течение 4–6 ч. Затем сырье измельчают на волчке ( $d$  отв. 2–3 мм), помещают в куттер, добавляют часть варочного бульона (50% к массе), 2% соли и куттеруют до полной гомогенизации. Полученную суспензию выгружают в тазики, выдерживают при температуре 2–4 °C в течение 10–12 ч после чего дополнительно измельчают на волчке ( $d$  отв. 2–3 мм) и используют как белковый стабилизатор либо компонент белково-коллагеновых эмульсий.

IX. Говяжью жилку заливают 5% раствором поваренной соли и выдерживают 48 ч при температуре 0–4 °C.

Выход после набухания – 125% к массе исходного сырья. Затем говяжью жилку используют также, как в примерах II и III. Весьма

эффективно применение суспензий из говяжьей жилки в сочетании с белковыми препаратами, камедями рожкового дерева, ксантаном.

**X. Свиные и говяжьи жилки** (а также сухожилия, за исключением становой жилы) промывают, заливают холодной водой в соотношении 2 части свиных жилок и 1 часть воды, или 1 часть говяжьих жилок и 2 частей воды и варят при медленном кипении и периодическом перемешивании до полного размягчения (свиные – 2,5–3 ч, говяжьи – 4–6 ч).

После варки жилку измельчают на волчке ( $d$  отв. 2–3 мм), добавляют 50% бульона к массе вареного сырья и тщательно перемешивают. Полученную массу дополнительно измельчают в куттере либо на коллоидной мельнице, раскладывают в тазики, выдерживают при температуре 2–4 °C в течение 10–24 ч, после чего готовый белковый стабилизатор вновь измельчают на волчке ( $d$  отв. 2–3 мм) и используют в колбасном производстве.

Выход стабилизатора – 120% к массе исходного сырья.

#### XI. Белковый стабилизатор из говяжьих губ.

Обработанные (опаленные и защищенные) говяжьи губы заливают водой, замачивают в течение 2 ч, после чего тщательно зачищают и промывают.

Чистые промытые говяжьи губы заливают холодной водой (в соотношении 1 часть губ и 2 части воды) и варят при периодическом перемешивании 2,5–3 часа при температуре 90–95 °C до полного размягчения.

После варки губы в горячем состоянии измельчают на волчке ( $d$  отв. 2–3 мм). В измельченную массу добавляют 50% бульона от варки губ (к массе вареного сырья), 10% льда и тщательно перемешивают. Полученную массу пропускают через машины для тонкого измельчения, разливают в тазики и выдерживают при температуре 2–4 °C в течение 10–24 ч.

Перед употреблением охлажденный белковый стабилизатор вновь измельчают на волчке ( $d$  отв. 2–3 мм).

Выход белкового стабилизатора – 130% к массе исходного сырья.

Следует отметить, что белковые стабилизаторы, полученные из коллагенсодержащего сырья вышеописанными способами, имеют существенный недостаток: им свойственны относительно узкие технологические функции – увеличение водосвязывающей способности и повышение упругоэластичных свойств готовой продукции. Причем количественное применение белковых стабилизаторов в составе рецептур эмульгированных колбас, как правило, ограничивается 5–10%; превышение этого диапазона приводит к появлению резиноподобной консистенции, выраженной адгезии оболочки к продукту, пло-

кой снимаемости оболочки, специальному запаху и послевкусию; возрастает вероятность образования желе под оболочкой, появления морщинистости оболочки и т. д. Безусловно, более прогрессивным способом применения коллагенсодержащего сырья является его использование в составе БКЭ.

Белково-коллагеновые эмульсии представляют собой структурированные системы, содержащие, кроме коллагенсодержащего сырья и воды, определенное количество жира, стабилизация которого осуществляется белковыми препаратами, специальными эмульгаторами либо комплексными препаратами с выраженным жироудерживающими, эмульсионными или гелеобразующими свойствами.

Коллоидно-химические принципы получения белково-коллагеновых эмульсий близки к таковым белково-жировых и мясных эмульсий. БКЭ имеют высокую степень функциональной совместимости с базовыми мясными системами, устойчивые свойства, обладают хорошими структурно-механическими характеристиками и органолептическими показателями; их введение существенно повышает выход и улучшает консистенцию (нарезаемость) готовой продукции.

Одной из главных задач при реализации технологий получения БКЭ с устойчивыми свойствами, также как и БЖЭ, является выбор компонентов с требуемым уровнем эмульсионных либо стабилизирующих свойств.

В практике колбасного производства для этих целей используют как белковые препараты (растительного и животного происхождения), так и специальные комплексные наборы эмульгаторов либо эмульгирующих солей.

Наиболее распространенными препаратами, применяемыми для стабилизации свойств БКЭ, являются соевые белковые концентраты и изоляты, которые в своем большинстве, как известно, обладают высокой эмульсионной, жироудерживающей, гелеобразующей и водосвязывающей способностью.

**Приготовление БКЭ на основе соевых белковых препаратов** осуществляют различными способами, некоторые из них приведены ниже.

#### 1. Фосфатный способ.

Свиную шкурку промывают водой, измельчают на волчке ( $d$  отв. 2–3 мм), после чего заливают рассолом в соотношении 1 : 1.

**Состав рассола 1:** 100 л воды + 5 кг фосфатов пищевых + 10 кг соли поваренной пищевой. (При приготовлении рассола поваренную соль добавляют после полного растворения фосфатов.)

Шкурку выдерживают в рассоле не менее 15 ч при температуре 12–18 °С, затем рассол сливают через сито-решетку. Выход шкурки после набухания, как правило, составляет около 120%. Дальнейший процесс приготовления БКЭ осуществляют в куттере.

*Состав рассола 2:* 100 кг шкурки, 194–196 л воды, 4–6 л молочной кислоты.

Шкурку выдерживают в рассоле не менее 15 ч при температуре 12–18 °С, затем сливают рассол через сито-решетку. Промывают шкурку в проточной воде, дают воде стечь. Выход шкурки составляет 150%.

*Состав эмульсии.* Далее шкурку обрабатывают на куттере в следующих соотношениях:

A) 50% – шкурка гидратированная	B) 45% – шкурка гидратированная
40% – вода/лед	2% – белок соевый изолированный
2% – белок соевый изолированный	51,8% – вода/лед
7,6% – вода на гидратацию белка	0,8% – соль поваренная
0,4% – фосфат Абастол 305	0,4% – фосфаты
Всего 100%	Всего 100%

На первом этапе куттерования максимально гомогенизируют свиную шкурку в присутствии 1/3–1/4 части воды; затем постепенно начинают добавлять сухой белковый препарат и – порционно – водоледянную смесь. Заканчивают куттерование при получении эмульсии сметанообразного состояния. Конечная температура эмульсии не должна быть выше 14 °С.

Для получения лучшего технологического результата после куттера эмульсию рекомендуется обработать дополнительно на машинах тонкого измельчения непрерывного действия: коллоидной мельнице, эмульситаторе и т. п.

Продолжительность хранения БКЭ из свиной шкурки – не более 48 ч при температуре 0–4 °С, либо в замороженном виде (до –8...–18 °С) – в течение 20 сут.

## 2. Белково-коллагеновая эмульсия на основе соевого изолированного белка Pro-Vo 500.

Соотношение СБИ, свиная обезжиренная шкурка, вода от 1 : 10 : 10 до 1 : 25 : 25.

Чистую обезжиренную свиную шкурку закладывают в рассол (на 100 л воды 10 кг соли) в соотношении одна часть шкурки и полторы части рассола и выдерживают в течение 48–72 ч при температуре 2–4 °С. Соленую шкурку вынимают из рассола, измельчают на

волчке с диаметром отверстий решетки 8–12 мм или в куттере. Выход шкурки – 130%.

Приготовление эмульсии производят в куттере в следующей последовательности: измельченную свиную шкурку куттеруют с добавлением 1/3 части льда в течение 7–10 мин на медленной скорости, после чего добавляют 1/3 части теплой воды и изолированный соевый белок.

Продолжают вести обработку в течение 5–10 мин до температуры эмульсии 35–40 °С.

В конце куттерования добавляют оставшуюся часть льда (1/3) для снижения температуры до 12–15 °С.

Для получения более нежной консистенции эмульсию рекомендуется пропускать через машины тонкого измельчения. Полученную эмульсию раскладывают в тазики и направляют на выдержку в течение 6–12 часов в помещение с температурой 0–4 °С.

Температура эмульсии перед ее непосредственным использованием на этапе приготовления фарша не должна превышать 6 °С.

Продолжительность хранения эмульсии – не более 48 часов при температуре 0–4 °С. Допускается для приготовления эмульсии использовать шкурку без выдержки в рассоле.

## 3. Фосфатно-белковый способ.

*Состав эмульсии:* свиная шкурка – 48%, соевый белковый препарат – 1%, вода – 50%.

Зачищенную и подмороженную свиную шкурку измельчают на волчке (*d* отв. 3–5 мм) и загружают в куттер. Вносят фосфаты (0,3–0,5 кг) в виде раствора и проводят гомогенизацию, последовательно (порционно) добавляя СБП и водоледянную смесь. Процесс измельчения ведут до получения однородной массы. Продолжительность куттерования, как правило, составляет 10–20 мин. Конечная температура эмульсии 15–17 °С.

## 4. Эмульсия на основе термообработанной шкурки.

Свиную шкурку промывают и варят в воде при температуре (95±5) °С в течение 4–6 ч. Сливают воду, охлаждают шкурку, измельчают на волчке (*d* отв. 2–3 мм).

Вареную шкурку (31%) куттеруют, последовательно добавляя СБИ (4%) и воду (35%). В конце процесса закладывают жировые (30%).

Готовая БКЭ должна иметь температуру не выше 20 °С. По аналогичной схеме приготавливают эмульсии, в состав которых входят: термообработанная свиная шкурка (9 частей), СБП (1 часть), вода (10 частей).

Имеются варианты приготовления БКЭ с использованием в качестве эмульгатора сухой горчицы. При этом куски необезжиренной свиной шкурки заливают 2,5% раствором поваренной соли (жидкостный коэффициент 1:2) и выдерживают при температуре 2–4 °C в течение 48 ч.

Выход после набухания – 120% к массе исходного сырья.

Набухшую шкурку измельчают на волчке ( $d$  отв. 2–3 мм) и перемешивают в куттере с горчичным порошком и пшеничной мукой. Соотношение свиной шкурки, горчичного порошка и муки составляет 85 : 5 : 10. При измельчении добавляют воду в количестве 150% к общей массе.

Гомогенизацию заканчивают после появления у суспензии выраженных вязко-пластических свойств. Конечная температура 12–18 °C.

Полученную эмульсию добавляют в рецептуры вареных колбас в количестве 5–7%.

#### **БКЭ на основе белковых препаратов животного происхождения**

В системах данного типа функцию эмульгатора выполняют белки плазмы крови, молока, специальным образом обработанные соединительно-тканые белки, экстрагированные из низкосортного мясного сырья мышечные белки и т. п.

В составе коммерческих препаратов они могут находиться в индивидуальном, фракционированном виде, а также в виде смесей с включением дополнительных «присадок» (каррагинанов, гуаров, модифицированных крахмалов и др.), что дает возможность в широком диапазоне менять степень выраженности отдельных функционально-технологических свойств.

Общие химико-технологические характеристики наиболее распространенных препаратов, используемых при приготовлении БКЭ (см. табл. 8.6), свидетельствуют о том, что основным требованием к данным объектам является наличие как эмульгирующей, так и гелеобразующей способности при достаточно высоком уровне водосвязывания.

В современных условиях большая часть функциональных белковых препаратов весьма эффективно используется при приготовлении белково-жировых и белково-коллагеновых эмульсий, причем в последнем случае их применение возможно в двух вариантах:

- препарат : свиная шкурка : вода;
- препарат : свиная шкурка : жирсырец : вода.

#### **8.6. Варианты массовых соотношений ингредиентов в составе эмульсий**

Белковый препарат	Компоненты эмульсии			
	Белковый препарат	Жирсырец	Свиная шкурка	Вода
ТИПРО 600	1	15	10	20
ТИПРО 600 С	1	15	10	20
ТИПРО 601	1	—	50	100
Сканпро Т-95	1	—	40	80
	1	20	20	60
Сканпро БР-95	1	—	40	80
	1	20	20	60
Атари СТ-97	1	—	50	100
	1	20	—	20
	1,6	25 (ММО)	25	48,4

Технологические прописи процесса приготовления некоторых видов БКЭ представлены ниже.

##### **Эмульсия на основе животного белка Сканпро Т-95.**

В куттер загружают сырую (после набухания) либо вареную свиную шкурку, предварительно измельченную на волчке с диаметром отверстий решетки 3–5 мм. Проводят измельчение, последовательно добавляя препарат Сканпро Т-95 и горячую (80–95 °C) воду. Гомогенизируют сырье. Добавляют жир, измельченный на волчке ( $d$  отв. 3–5 мм) и продолжают куттеровать до образования устойчивой эмульсии. В конце процесса добавляют 2% соли. Полученную эмульсию с температурой не ниже 45 °C разливают в емкости, охлаждают до температуры 0–4 °C и используют как часть рецептуры эмульгированных колбасных изделий.

Соотношение ингредиентов эмульсии (в весовых частях): препарат Сканпро Т-95 (1), свиная шкурка (15), жир-сырец (15), вода (30). В случае дефицита жирового сырья состав БКЭ может быть трансформирован следующим образом: препарат Сканпро Т-95 (1), свиная шкурка (20), вода (40).

##### **Эмульсия на основе животного белка Сканпро БР-95.**

Состав БКЭ: препарат (1), свиная шкурка (20), жир (20), вода (60) либо препарат (1), свиная шкурка (40), вода (80).

##### **БКЭ с использованием белковых препаратов**

Свиную шкурку, сухожилия или жилку замачивают в растворе органических кислот либо варят 30–40 мин до размягчения.

Затем сырье куттеруют 3–5 мин, добавляют препарат животного белка и продолжают куттерование еще 1–3 мин. В гомогенизированную массу заливают горячую (60–80 °C) воду и вновь куттерируют на высокой скорости 2–3 мин. Полученную эмульсию выгружают в тазики и выдерживают для охлаждения (до 15 °C) и завершения структурообразования.

Рекомендуемые соотношения белкового препарата, свиной шкурки и воды:

- препарат WB-1/30 – 1 : 20 : 50;
- препарат WB-1/40 – 1 : 16 : 40.

В ряде случаев при приготовлении БКЭ, также как и при изготовлении БЖЭ, используют *препараты комплексных эмульгаторов либо специальных эмульгирующих солей*.

Некоторые примеры рецептур БКЭ представлены ниже.

I. Подмороженную кожу птицы куттеруют с добавлением комплексных фосфатов типа Абастол 305 или Вискофос-С или НВ, водоледянной смеси и поваренной соли до получения тонкоизмельченной эмульсии с выраженным вязко-пластическими свойствами.

Состав эмульсии: кожа птицы – 100 кг, комплексные фосфаты – 0,4–0,6 кг, соль поваренная – 2,0–3,0 кг, вода/лед – 50.

II. Чистую обезжиренную свиную шкурку заливают 2–4% раствором препарата «ОмСтаб РF» или «Бон Пель П» (или «Бон Пель Плюс»), состоящего из набора пищевых кислот и их солей, и выдерживают в течение 18–24 ч при температуре (2±2) °C для размягчения и набухания.

Соотношение обезжиренной свиной шкурки и заливочного раствора 1:1. Масса шкурки после замачивания – не менее 130% по отношению к исходной. По окончании выдержки шкурку промывают холодной проточной водой, взвешивают и загружают в куттер для приготовления БКЭ. Допускается перед обработкой в куттере шкурку предварительно измельчить на волчке.

Состав эмульсии: 100 кг гидролизованной шкурки, 0,8 кг комплексных фосфатов, 4 кг поваренной соли, водоледянная смесь (до достижения двукратного увеличения веса шкурки по сравнению с исходным).

Последовательность куттерования: шкурку загружают в куттер, добавляют фосфаты и 1/3 часть льда; гомогенизируют сырье до достижения температуры 12–15 °C. Затем вводят поваренную соль, оставшуюся часть водоледянной смеси и продолжают куттерование до температуры (36±2) °C.

Полученную БКЭ выгружают из куттера, охлаждают в тазиках до 4 °C и направляют на дальнейшее использование в колбасном производстве.

III. Эмульсии на основе кожи птицы, жира-сырца птичьего или их смеси готовят с использованием специальных эмульгаторов типа «Универсал Арома Экономик», эмульгатора ФЭТ 230 Х либо ХС, «горячим» или «холодным» способом.

Согласно «горячему» способу в куттер загружают жирсырье, измельчают до получения однородной консистенции, после чего добавляют эмульгатор и горячую воду (80–90 °C). Соотношение эмульгатор : жирсырье : вода – 1 : 77 : 77.

Продолжают куттерование до получения однородной массы с выраженным вязко-пластическими свойствами. БКЭ выгружают в тазики, охлаждают до температуры 2–4 °C.

В соответствии с «холодным» способом, процесс приготовления эмульсии аналогичен вышеописанному, однако в куттер вносят холодную воду температурой 18–20 °C, а соотношение эмульгатор : жирсырье : вода составляет 1 : 52 : 52.

Приготовленные эмульсии после охлаждения вводят на первой фазе куттерования в рецептуры колбас эконом-класса в количестве 20–30% к массе сырья либо в количестве 50% от нормы закладки жирного сырья.

IV. Аналогичным образом приготавливают БКЭ на основе свиного жира, жилки и свиной шкурки.

#### *A. Горячий способ.*

Свиной жир, измельченный на волчке (35 кг) + шкурка свиная вареная (15 кг) + вода горячая (50 кг) + эмульгатор «Универсал Арома Экономик» или ФЭТ 230 ХС (1 кг).

#### *B. Горячий способ.*

Соединительная ткань от жилованного мяса (50 кг) + вода (50 кг) + фосфаты (0,5 кг) + соль поваренная (2,1 кг).

#### *B. Холодный способ.*

Свиную обезжиренную шкурку (100 кг) заливают 3% раствором фосфатного препарата и выдерживают 1–3 сут.

Выход шкурки после набухания – до 122%. Шкурку загружают в куттер и измельчают при последовательном введении 2% соли, 0,1% эмульгирующей соли, 50 кг водоледянной смеси. Процесс гомогенизации ведут до температуры 20–25 °C после чего эмульсию выгружают, охлаждают до 4–6 °C и используют в колбасном производстве.

Отечественные фирмы-производители индивидуальных форм и комплексных препаратов пищевых добавок также предлагают обширный перечень эмульгаторов и рецептур БКЭ на их основе (табл. 8.7).

### 8.7. Рецептуры белково-коллагеновых эмульсий

Компоненты эмульсии	Нормы расхода компонентов, кг на 100 кг БКЭ												
	№ композиции												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Говядина 2 сорта и/или мясообрезь	41,32					55,0	40,0	—	—	—	—	—	—
Шкурка свиная сырья: с содержанием жира не более 40%	—	—	50,0	—	—	—	—	50,0	—	—	—	—	—
Шкурка свиная, краевые участки шкур, жилка говяжья вареная: с содержанием жира не более 40%	—	—	—	—	50,0	—	—	—	—	—	50,0	—	—
с содержанием жира не более 15%	—	—	—	25,0	—	—	—	—	—	25,0	—	—	—
Субпродукты II категории мясотные (вымя, губы, рубец, съчуги, мясо пичевода, селезенка, легкие, калыки, трахеи, мясо голов говяжьих и свиных) в любом соотношении	—	41,32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	75	65
Жир-сырец говяжий или свиной, жир топленый	—	—	—	25,0	—	—	20	—	—	25	—	—	—
Крахмал или мука пшеничная	—	—	—	—	—	5	4	—	—	—	—	—	—
Бульон от варки коллагенсодержащего сырья	—	—	—	48,5	48,5	—	—	—	—	48,5	49,3	—	—
Вода (лед)	57,85	57,85	24,2	—	—	39,3	34,5	25,0	25,0	—	—	24,3	33,5
Вода горячая (40–50 °C)	—	—	24,3	—	—	—	—	24,3	23,5	—	—	—	—
Эмульгатор Универсал Арома Экономик	0,83	0,83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

### Продолжение таблицы 8.7

Компоненты эмульсии	Нормы расхода компонентов, кг на 100 кг БКЭ												
	№ композиции												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Омфакс	—	—	1,5	1,5	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—
Премикс 33	—	—	—	—	—	0,7	—	0,7	—	—	0,7	0,7	—
Премикс 33 ВС	—	—	—	—	—	—	1,5	—	1,5	1,5	—	—	1,5
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Соль поваренная	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Нитрит натрия, г	4,0	4,0	—	—	—	4,1	3	—	—	—	—	3,6	4,9

Как правило, в состав комплексных эмульгирующих добавок входят пищевые фосфаты, моно- и диглицериды жирных кислот, полисахариды, эфирные масла, олеорезины, загустители (камеди).

Приготовление БКЭ с использованием премиксов производят в куттере холодным или горячим способом с учетом специфики состава и свойств коллагенсодержащего сырья.

#### *Технологические рекомендации к табл. 8.7*

##### *По рецептурам 1 и 2*

В куттер загружают куски говядины II сорта и/или мясной обрези говяжьей, жира-сырца подмороженного, добавляют 1/3 водоледянной смеси в течение 0,5–1,0 мин, после чего вносят премикс, еще 1/3 воды (льда, поваренная соль, 2,5% раствор нитрита натрия, крахмал (или муку пшеничную) и продолжают обработку в течение 5–10 мин. В конце куттерования добавляют остаток (1/3) водоледянной смеси. Готовую эмульсию рекомендуется дополнительно пропустить через машины тонкого измельчения; в состав базовой рецептуры колбас БКЭ вносят в конце первого этапа куттерования.

##### *По рецептам 3 и 4*

Свиную зачищенную шкурку (в нативном виде либо после выдержки для набухания в растворах поваренной соли или пищевых кислот) измельчают на волчке, помещают в куттер и гомогенизируют до достижения температуры 36–38 °C. Затем добавляют премикс, горячую воду с температурой 40–50 °C, продолжают измельчение до 52–54 °C, после чего закладывают лед и куттеруют до получения стабильной эмульсии с температурой 35–37 °C. БКЭ выдерживают в тазиках 10–24 ч при температуре 0–4 °C; дополнительно измельчают на волчке и вводят в рецептуры эмульгированных мясопродуктов.

##### *По рецептам 5 и 6*

Предварительно сваренное разнообразное коллагенсодержащее сырье измельчают на волчке (*d* отв. 2–3 мм), загружают в куттер и обрабатывают до достижения температуры 38–40 °C, после чего добавляют жир-сырец (или топленый), премикс, бульон от варки коллагенсодержащего сырья с температурой 60–65 °C, соль и куттеруют до получения тонкоизмельченной, однородной вязко-пластичной массы.

К моменту использования БКЭ следует охладить до температуры 2–4 °C.

##### *По рецептам 7 и 8*

Подготовленные сырье мякотные говяжьи и свиные субпродукты второй категории измельчают на волчке (*d* отв. 2–3 мм).

Процесс куттерования производят в следующей последовательности: первоначально в куттер загружают субпродукты, содержащие

значительное количество соединительной ткани (губы, сычуги, рубцы и др.), 1/3 часть воды (льда) и обрабатывают в течение 4–6 мин. Затем добавляют такие субпродукты, как мясо голов говяжьих и свиных, селезенку, вымя, легкие, трахеи, калтыки и др., средство для куттерования сырья Премикс 33 (рецептура № 1) или Премикс 33 ВС (рецептура № 2), оставшиеся 2/3 части воды (лучше льда) и куттеруют в течение 2–6 мин.

Общая продолжительность куттерования от 6 до 12 мин. Полученную массу измельчают на эмульситаторе, коллоидной мельнице и других машинах тонкого измельчения. Температура приготовленной эмульсии не должна превышать 12 °C.

Имеются варианты получения устойчивых БКЭ с применением сырой кожи птицы (табл. 8.8).

#### *8.8. Приготовление эмульсии из сырой кожи птицы*

Компоненты	Норма расхода компонентов, кг на 100 кг эмульсии из сырой кожи птицы		
	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 3
Кожа птицы (куриная, гусиная, утиная в любом соотношении) сырья	41,32	65	60
«Универсал Арома Экономик»	0,83	—	—
Премикс 33		0,7	—
Премикс 33 ВС		—	1,5
Крахмал или мука пшеничная		4,3	3,5
Вода (льд)	57,85	30,0	35,0
Итого	100	100,0	100,0
Соль поваренная пищевая	2,3	2,3	2,3

Кожу птицы (куриную, индюшину, гусиную, утиную) тщательно зачищают от крови, загрязнений, промывают холодной проточной водой и после ее стекания направляют на приготовление БКЭ.

При этом в куттер загружают кожу птицы, измельчают с добавлением 1/3 части водоледянной смеси в течение 30–60 с, затем вводят средство для куттерования – эмульгатор, еще 1/3 часть воды (льда), соль поваренную, крахмал или муку пшеничную и продолжают вести обработку в течение 5–7 мин. В конце куттерования добавляют оставшуюся часть воды или льда для понижения температуры эмульсии.

Готовую эмульсию допускается хранить при температуре 0–4 °C в течение 24 ч.

В случае использования БКЭ при изготовлении полукопченых колбас в состав эмульсии наряду с кожей птицы рекомендуется вво-

дить соевые белковые препараты. При этом последовательность приготовления эмульсии несколько изменяется: на первом этапе в куттере гидратируют соевый белковый препарат (в течение 2–3 мин), после чего добавляют кожу птицы и ведут процесс по вышеописанному способу.

Имеются стабилизационные системы, представляющие собой смесь соевых изолированных белков и пищевых гидроколлоидов (Е407, Е412, Е415, Е466), к представителям которых можно отнести препарат РУМИКС ЭМ.

На его основе готовят белково-жировые эмульсии с использованием куриной кожи, куриного жира-сырца, растительного масла.

*Состав эмульсии:* жиросодержащее сырье – 10 кг, препарат РУМИКС ЭМ – 1 кг, вода – 10–12 кг.

Процесс приготовления эмульсий осуществляют двумя способами.

#### 1 способ

В куттер вносят воду, многофункциональную смесь РУМИКС ЭМ и куттеруют в течение 1–2 мин, затем добавляют жиросодержащее сырье ( $t = 0\text{--}4^{\circ}\text{C}$ ) и куттеруют до температуры 30–35 °C.

#### 2 способ

Приготовление жировой эмульсии осуществляется в куттере в следующей последовательности: подмороженное сырье ( $-1\text{--}-3^{\circ}\text{C}$ ) куттеруют в течение 1–2 мин, после чего добавляют теплую воду (30–35 °C), многофункциональную смесь РУМИКС ЭМ и продолжают вести обработку в течение 5–10 мин. Температура готовой эмульсии 30–35 °C.

Для получения более нежной консистенции рекомендуется пропускать эмульсию через машины тонкого измельчения. Для корректировки вкуса допускается добавление при куттеровании 2% поваренной соли.

Готовую эмульсию разливают, заполняя емкости не более чем на 1/2 объема, и охлаждают при температуре от 0 до 4 °C в течение 12–24 часов.

Температура эмульсии перед непосредственным использованием не должна превышать 6 °C. Продолжительность хранения белково-жировой эмульсии при температуре 0–4 °C не более 48 ч.

При приготовлении БКЭ, предназначенных для введения в рецептуры эмульгированных мясопродуктов в количествах, превышающих 15–20%, рекомендуется для корректировки цвета, вкуса и аромата дополнительно использовать пряно-ароматические композиции, эфирные масла, усилители вкуса, пищевые колоранты.

С целью повышения уровня устойчивости получаемых БКЭ в состав некоторых препаратов вводят дополнительно каррагинан, камеди, модифицированные крахмалы, часть из них может быть использована технологами самостоятельно в производственных условиях, особенно при приготовлении БКЭ на основе жилки. Как показывает опыт, наиболее эффективным средством, стабилизирующим свойства БКЭ, являются камедь рожкового дерева и ксантан.

Уровень количественного введения БКЭ в рецептуры эмульгированных мясопродуктов составляет от 10 до 30%. Существует несколько вариантов использования БКЭ: при «горячем» способе производства белково-коллагеновых эмульсий их вводят в охлажденном виде в куттер на первой фазе куттерования; при «холодном» способе их готовят непосредственно перед основным процессом куттерования. В качестве примера рассмотрим последовательность процесса куттерования при приготовлении фарша для вареной колбасы «Эльдорадо».

В куттер загружают предварительно подготовленное, выдержанное в рассоле и измельченное на волчке коллагенодержащее сырье. «Холодным» способом приготавливают БКЭ (13 кг), затем загружают заранее приготовленный гель на основе соевых белковых препаратов (12 кг), говядину жилованную 2 сорта (9 кг) и мясо механической дообвалки птицы (45 кг). На малой скорости перемешивают сырье, добавляют раствор нитрита натрия (10 кг), фосфаты (0,3 кг) или комбинированные специи, пищевой краситель, поваренную соль (2,2 кг), если посол мясного сырья не производился, и 1/3–1/2 часть водоледянной смеси.

Общее количество технологической воды, добавляемой при куттеровании – 25 кг (для проницаемых оболочек).

На второй стадии в куттер вносят жирную свинину либо шпик (17 кг), оставшуюся часть водоледянной смеси. На высокой скорости продолжают куттерование до образования гомогенной с высокой липкостью эмульсии.

В конце куттерования переходят на малую скорость и добавляют сухое молоко (1 кг), крахмал или крупу манную (3 кг), препараты каррагинана (0,2 кг), усилители вкуса. Температура мясной эмульсии при выгрузке 12–14 °C.

При приготовлении фарша для вареной колбасы эконом-класса «Гульская» белково-коллагеновую эмульсию заранее готовят «горячим» способом, охлаждают, измельчают на волчке; затем процесс куттерования ведут следующим образом.

На первой стадии в куттер при малых оборотах вращения ножей и чаши загружают БКЭ (20 кг), соевый гель (32 кг), говядину жило-

ванную второго сорта (28 кг) и мясо птицы механической обвалки (10 кг), перемешивают сырье, добавляют 2,5% раствор нитрита натрия (10 кг), если он не был использован при посоле говядины, фосфаты (либо набор комбинированных специй), поваренную соль (2,3 кг) и 1/3 водоледянной смеси.

На второй стадии куттерования вносят жирную свинину (5 кг), оставшуюся часть водоледянной смеси и проводят куттерование на высоких скоростях.

Общее количество технологической воды (для парогазопроницаемых оболочек), добавляемой при куттеровании, составляет 20–25 кг.

В конце процесса переходят на малую скорость, добавляют крахмал (5 кг), измельченный чеснок (0,3 кг) и ведут процесс до образования гомогенного, хорошо эмульгированного фарша.

Температура мясной эмульсии при выгрузке 12–14 °С.

Один из вариантов схемы пооперационного проведения процесса куттерования при приготовлении фаршей колбасных изделий (сосисок, сарделек, шпикачек, мясных хлебов) комбинированного состава приведен на рис. 8.2.

В представленной схеме приводятся примерные диапазоны времени обработки на каждой фазе, но не указываются температурные и технические (скорость вращения ножей и чаши) параметры отдельных операций процесса куттерования, так как они соответствуют общепринятым.

Общая продолжительность приготовления фарша составляет 8–10 мин; его температура при выгрузке не должна превышать 12–16 °С.

Следует отметить, что область применения БЖЭ и БКЭ не ограничивается их использованием при производстве эмульгированных колбасных изделий; часть из них входит в состав рецептур современных полукопченых и варено-копченых колбас в качестве структурирующей (связующей) основы продукта. В качестве примера рассмотрим рецептуру и процесс приготовления полукопченой колбасы «Варяжская».

На первом этапе в куттере готовят эмульсию, состоящую из говядины 2 сорта (примерно 1/3 от рецептурной нормы), мяса механической дообвалки птицы (15 кг), белково-коллагеновой эмульсии (5 кг), гидратированного соевого белка (20 кг), крахмала (2 кг), поваренной соли (2,6 кг), фосфатов (0,3 кг), чеснока (0,4 кг), пищевых красителей.

На втором этапе готовую эмульсию температурой не выше 12 °С перегружают в мешалку и перемешивают с остальными ингредиентами рецептуры: говядиной 2 сорта (2/3 от общего количества),

измельченной на волчке ( $d$  отв. 3–5 мм), нитритом натрия, набором специй, шпиком (23 кг); размер кусочков – не более 6 мм.



Рис. 8.2. Последовательность пооперационного введения ингредиентов при куттеровании

Перемешивание проводят в течение 3–5 мин до получения равномерного распределения ингредиентов фарша.

Готовый фарш с температурой 12 °С передают на формование батонов.

Несколько иначе осуществляется процесс приготовления фарша при производстве сервелата «Пикантный». В куттер вносят куски говядины 2 сорта (52 кг), раствор нитрита натрия (10 г), фосфаты (0,3 кг), специи (1 кг), водоледянную смесь (5 кг), соль (2,6 кг) и куттеруют в течение 1–2 мин.

Не прекращая куттерования, добавляют подмороженный шпик (20 кг) и измельчают его 0,5–1,5 мин для получения равномерного рисунка.

На окончательной стадии куттерования (желательно в режиме перемешивания) в фарш вводят заранее приготовленную белково-жировую эмульсию (27 кг) и крахмал (1 кг). Окончание процесса куттерования определяют по степени распределения шпика в фарше, уровню его липкости и температуры ( $-1\ldots-3^{\circ}\text{C}$ ).

#### **Имитационный (искусственный) шпик**

На современном этапе развития технологии производства мясопродуктов имитационный («искусственный») шпик является одним из новых и оригинальных ингредиентов рецептур колбасных изделий. Его востребованность обусловлена рядом технологических, медико-биологических и экономических причин.

В частности, как известно, качество натурального мясного сырья (и в первую очередь бокового и хребтового шпика) зависит от множества факторов (пол, возраст, порода животного, рацион кормления, упитанность, условия содержания и убоя, параметры хранения сырья, анатомическое происхождение и т. д.), вызывающих существенные изменения общего химического и жирнокислотного состава шпика, колебания температур плавления и застывания, интенсификацию процессов окисления и гидролиза. Негативным результатом нестабильности свойств жirosыря, используемого в колбасном производстве, является появление бульонно-жировых отеков, эффекта выплавления и выкрашивания кусочков шпика из мясной фаршевой основы, изменение цвета и консистенции включений жира, быстрая порча (осаливание) готовой продукции, и т. п.

Имитационный шпик, представляющий собой высоконцентрированные эмульсии, имеет устойчивые органолептические и физико-химические показатели; технология его получения легко воспроизводима в заводских условиях; стоимость существенно ниже, чем у традиционного (и одновременно дефицитного) свиного шпика. Кроме того, характеристики «искусственного» шпика по многим показателям (пониженному уровню энергетической ценности, содержанию холестерина, наличию ненасыщенных жирных кислот групп омега-3 и омега-6 и т. д.) соответствуют требованиям, предъявляемым к ингредиентам рецептур, используемым при производстве продуктов здорового питания и мясопродуктов с пролонгированным периодом хранения.

На отечественном продовольственном рынке предлагается более 10 видов коммерческих препаратов и технологий (как «холодного», так и «горячего» способа) приготовления имитационного шпика.

В качестве примера рассмотрим четыре варианта приготовления искусственного шпика с использованием специальных эмульгаторов

типа «Универсал FR-25», ФЭТ 230 ХС, «Рондагам МП 10» и животных белковых препаратов (ТИПРО 601).

**A. Рецептура 1.** 50 кг шпика закладывают в куттер и измельчают до пастообразного состояния с добавлением эмульгатора «Универсал FR-25» в количестве 5 кг и поваренной соли в количестве 2 кг, постепенно добавляют холодную воду в количестве 50 кг и куттеруют до температуры готовой эмульсии  $12\ldots14^{\circ}\text{C}$ . Полученную массу набивают в оболочку и подвергают варке, затем охлаждению и замораживанию. Далее плотная жировая субстанция используется как натуральный шпик.

Согласно данной технологии, предусмотрена возможность использования в качестве жировой составляющей смеси свиного шпика и говяжьего жира, свиного шпика и свиной шкурки, свиного шпика и кожи птицы. В этом случае рецептура «искусственного» шпика будет включать 25 кг шпика свиного и 25 кг жира говяжьего или 25 кг шпика свиного и 25 кг шкурки свиной бланшированной или 25 кг шпика свиного и 25 кг кожи птицы, 50 кг воды, 2 кг поваренной соли и 5 кг эмульгатора «Универсал FR-25»; допускается использовать сверх рецептуры 0,3% «Омгель 111 F».

**B. Рецептура 2.** Шпик свиной – 35,0 кг, шкура свиная бланшированная – 15 кг, вода – 50 кг, эмульгатор – 1 кг. В предварительно прогретую чашу куттера загружают горячую бланшированную шкурку, гомогенизируют до пастообразного состояния после чего добавляют свиной шпик, измельченный на волчке ( $d$  отв. 3 мм) и куттеруют до получения однообразной консистенции; затем вводят эмульгатор, горячую (температура  $90\ldots95^{\circ}\text{C}$ ) воду и продолжают куттерование. Температура эмульсии перед выгрузкой не должна быть ниже  $50^{\circ}\text{C}$ .

Полученную массу охлаждают в емкостях (при толщине слоя не более 10 см) до температуры  $2\ldots4^{\circ}\text{C}$ .

Согласно данной технологии, предусмотрена возможность использования в качестве жировой составляющей говяжьего жира, смеси свиного жира и бокового шпика. В этом случае рецептура «искусственного» шпика будет включать 25 кг шпика свиного или жира говяжьего, 25 кг шкурки свиной бланшированной, 50 кг горячей воды и 1 кг эмульгатора; допускается использовать сверх рецептуры 1% сухого молока или 2% сухой манной крупы.

Соль поваренную вносят в конце куттерования в количестве 1,8% к массе сырья.

**В.** Изготовление имитационного шпика может осуществляться по следующим рецептограммам (табл. 8.9).

### 8.9. Рецептуры изготовления имитационного шпика

Наименование сырья	Норма, кг (на 100 кг продукта)					
	Рецептура №					
	1	2	3	4	5	6
Шпик свиной, жир свиной внутренний	45	42	22	30	—	—
Жир сырец говяжий, бараний	—	—	—	—	25	—
Растительное масло	—	—	—	—	10	—
Жир куриный	—	—	—	—	—	30
«Рондагам МП 10»	5	5	5	5	5	5
«Протелак 55»	—	3	11,5	2,5	5	5
Вода/лед	50	50	61,5	62,5	55	60

#### Процесс приготовления аналога шпика.

В куттер наливают воду и при низких оборотах вращения ножей и чаши куттера вносят «Рондагам МП 10» и «Протелак». После равномерного распределения смеси по объему чаши переходят на максимальную скорость работы ножей и включают вакуум. Куттерование ведут не более 2–3 мин до образования однородной массы молочно-белого цвета. Затем добавляют жировое сырье (с температурой 0–4 °C), в кусках или предварительно измельченное на волчке с диаметром отверстий решетки не более 16–25 мм и куттеруют с использованием вакуума не более 2–4 мин до получения эмульсии.

Готовая масса представляет собой однородную эмульсию беловато-розового цвета или желтоватого цвета различных оттенков (в зависимости от вида выбранного сырья) пластичной пастообразной консистенции.

Готовый аналог шпика необходимо немедленно выгрузить (не позднее, чем через 3 минуты после окончания процесса куттерования) в чистые емкости (желательно слоем высотой не более 20 см) и направить на созревание в течение 10–12 часов при температуре 0–4 °C для образования плотной структуры.

Промедление выгрузки и расфасовки аналога шпика в емкости может привести к его расслоению и потере необходимой консистенции.

После выдержки аналог шпика представляет собой продукт, по структуре, цвету и вкусу максимально приближенный к натурально-му шпику.

Готовый аналог используют так же, как и натуральный шпик, при производстве колбасных изделий для создания необходимого рисунка.

В случае необходимости для корректировки вкуса и запаха шпика можно добавить при куттеровании ароматизатор «Рондагам Арома» 3304 и 3307 (до 200 г на 100 кг аналогового продукта).

**Г.** Шпик (10 частей) закладывают в куттер и измельчают до пастообразного состояния с постепенным добавлением холодной воды (2/3 от 10 частей). Затем вносят функциональный животный белок ТИПРО 601 (1 часть), оставшуюся воду и куттеруют до температуры не ниже 35 °C.

В конце добавляют 2% поваренной соли.

Полученную массу охлаждают до температуры 0–4 °C.

Период хранения искусственного шпика – не более 72 ч.

Для получения более плотной консистенции шпика рекомендуется в конце куттерования добавить гуаровую камедь в количестве от 0,15 до 0,25 г/кг.

Имитационный шпик рекомендуется использовать в рецептурах, содержащих не более 20% шпиковой крошки.

Следует отметить, что на основные качественные характеристики получаемой эмульсии существенное влияние оказывают вид эмульгатора, состав рецептуры, а также способ их приготовления («горячий» или «холодный»).

Результаты исследования искусственного шпика, выполненного в МГУПБ (табл. 8.10), свидетельствуют о различиях в скорости собственно процесса структурирования разных видов шпика и органолептических показателях готового продукта (табл. 8.11).

### 8.10. Рецептура и способ приготовления различных видов имитационного шпика

Эмульгатор	Заявленный со- став препарата эмulsionатора	Рецептура имитационного шпика, кг	Способ приготовления	
			холодный	горячий
1	2	3	4	5
A	Соевый белковый концентрат	Свиной шпик – 45 Эмульгатор – 5 Водоледянная смесь – 50	+	–
B	Препарат живот- ных белков, рисо- вая мука	Растительное масло – 10 Эмульгатор – 26 Вода – 64	–	+

Продолжение таблицы 8.10				
1	2	3	4	5
C	Гуаровая камедь, дрожжевой экстракт, сахара	Кожа куриная – 30 Растительное масло – 20 Соль поваренная – 2,1 Эмульгатор – 10 Водоледяная смесь – 50	+	-
D	Альгинат натрия, каррагинан, сульфат кальция, сахара	Шпик свиной – 35 Шкурка свиная – 15 Эмульгатор – 1 Водоледяная смесь – 50	+	-

### 8.11. Характеристика имитационного шпика

Вид шпика	Состояние эмульсии	Органолептические показатели готового продукта
A	Однородная, высоковязкая эмульсия розового цвета, без выраженного запаха. Структурообразование завершается через 5–7 мин после окончания процесса куттерования	Консистенция – очень плотная; цвет – розово-кремовый; запах – характерный для жирового сырья; вкус – инертный; пористость – редкая
B	Однородная эмульсия средней вязкости ярко-белого цвета. Структурообразование завершается через 10–12 ч после окончания процесса куттерования	Консистенция – средней плотности; цвет – ярко-белый; запах – не проявляется; вкус – мучнистое послевкусие; пористость – мелкая, сильно выраженная
C	Однородная, вязкая, упруго-эластичная, малотекучая эмульсия. Структурообразование завершается через 18–24 ч после окончания процесса куттерования	Консистенция – пластичная, слегка «мажущаяся»; цвет – светло-кремовый; запах – куриного мяса; вкус – солоноватый; пористость – редкая, мелкая
D	Однородная по структуре, высоковязкая эмульсия с тиксотропными свойствами, белого цвета. Сохраняет данные свойства в течение 18–20 ч после приготовления	Консистенция – вязкая, плотная с высокой адгезионной способностью; цвет – светло-белый; запах – куриного мяса; вкус – нейтральный; пористость – не оценивается
Шпик свиной (боковой)	Контроль	Консистенция – плотная, упруго-эластичная; цвет – бело-розовый; запах – характерный для жирового сырья; вкус – инертный; пористость – не оценивается

Изучение физико-химических и микробиологических показателей (табл. 8.12) приготовленных и выдержаных для завершения процессов структурообразования (24 ч при температуре (4±4) °C) образцов имитационного шпика показало, что при относительно равных уровнях pH образцы существенно различаются по базовым характеристикам: массовая доля влаги составляет от 51 до 66%, жира – 12–30%, белка – от 4 до 10%, что позволяет рассматривать некоторые из них (вариант C) в качестве как дополнительного источника белка, так и низкокалорийного ингредиента рецептур (вариант B). Температура плавления и застывания варьирует в широком диапазоне – от уровней, характерных для натурального шпика, до 85 °C. По значениям величины предельного напряжения (компрессионного давления) начала разрушения практически все виды имитационного шпика уступают контрольным образцам. По микробиологическим показателям большинство образцов (за исключением варианта B) соответствует требованиям СанПиН.

### 8.12. Физико-химические и микробиологические показатели образцов имитационного шпика (на 24-й час выдержки после приготовления), n = 4, V < 12

Вид шпика	Массовая доля, %			pH, 1% раствор	Темпера-тура, °C		Микробиологические показатели		
	влага	жир	белок		плавления, ±1	застывания, +1	Предельное наприже-ние разрушения, ×10 <sup>2</sup> , г/см <sup>2</sup>	КМАФАН, КОЕ/g, не более 1·10 <sup>3</sup>	БГКП (колифор-мы), отсутствие в 0,001 г
A	51,4	30,2	4,1	6,1	> 85	–	16,0	1·10	Отсутствуют
B	65,7	11,8	5,4	6,1	33	23,5	7,0	1·10 <sup>2</sup>	– // –
C	59,1	25,9	9,7	6,5	> 85	–	3,5	1·10	– // –
Шпик свиной – контроль	10,1	83,8	4Д	6,5	31	25	36,0	1·10	– // –

Исследование динамики гидролитических и окислительных процессов у изучаемых объектов (табл. 8.13) при длительном хранении позволило установить, что в минимальной степени изменения имели место в образцах А, причем численные значения величин кислотного и перекисного чисел близки адекватным показателям контроля.

**8.13. Изменение величин кислотного числа (мл NaOH) и перекисного числа (м'экв. активированного кислорода на 1 кг жира) в процессе хранения**

Вид шпика	Период хранения, при $t = (4+2)^\circ\text{C}$							
	до термообработки		после термообработки					
	1-е сутки		7-е сутки		13-е сутки		19-е сутки	
	Кислотное число	Перекисное число	Кислотное число	Перекисное число	Кислотное число	Перекисное число	Кислотное число	Перекисное число
A	0,21		0,46	4,02	0,63	4,73	0,76	4,22
B	0,23	4,03	0,31	4,28	0,32	5,98	0,34	7,14
C	0,57	1,31	0,68	2,38	0,84	6,1	0,86	7,81
Шпик свиной	0,22	1,04	0,42	1,66	0,62	3,22	0,72	4,77

На заключительном этапе работы в полупроизводственных условиях была осуществлена выработка партий структурных вареных колбас, в рецептуру которых наряду с основным сырьем (говядина 2 сорта, свинина полужирная, белково-коллагеновая эмульсия, соевый белковый препарат, сухое молоко, крахмал) вводили по 17% имитационного (опыт) шпика и свиного бокового (контроль) шпика.

Сравнительная оценка основных качественных характеристик готовой продукции (табл. 8.14) показала, что замена свиного шпика имитационным приводит не только к изменениям общего химического состава (повышению массовой доли влаги, снижению содержания жира, улучшению соотношения жир/белок), но и в ряде случаев сопровождается (вариант А и В) существенным улучшением органолептических показателей, в первую очередь вследствие высокой адгезии крошки шпика в фаршевой основе, наличия более яркого и устойчивого цвета шпика, отсутствия эффекта его оплавления при термообработке. По уровням pH и микробиологической обсемененности принципиальных различий у вареных колбас опытных образцов и контроля выявлено не было.

Результаты экспериментальных исследований свидетельствует что:

- физико-химические, органолептические и технологические характеристики различных видов имитационного шпика могут варьировать в широком диапазоне и главным образом зависят от состава применяемого эмульгатора и типа используемого жирового компонента;

- замена натурального шпика имитационным в рецептуре вареных колбас приводит к некоторым изменениям в содержании влаги, белка и жира в готовой продукции, но не отражается на уровне pH, структурно-механических свойствах, микробиологических показателях и устойчивости при хранении.

**8.14. Качественные характеристики вареных колбас, изготовленных с использованием имитационного шпика**

Вид шпика в составе вареных колбас	Массовая доля, %				Соотношение жир/белок	рН	Общая органолептическая оценка, баллы	Микробиологические показатели		
	влага	жир	белок	углеводы (крахмал)				КМАФнМ, КОЕ/г, не более 1·10 <sup>3</sup>	БГКП (колиформы), отсутствие в 1 г	Патогенные, в т. ч. сальмонеллы, <i>L. monocytogenes</i> , отсутствие в 25 г
A	66,8	15,2	7,8	5,6	1,95	6,48	4,64	1·10	Отсутствуют	Отсутствуют
B	69,7	12,3	8,4	5,9	1,46	6,55	4,72	1·10 <sup>2</sup>	-//-	-//-
C	67,7	14,4	9,3	5,8	1,55	6,53	4,20	1·10	-//-	-//-
Шпик свиной – контроль	65,1	18,4	8,0	5,6	2,30	6,58	4,36	1·10	-//-	-//-

**Аналог сыра**

Принимая во внимание наличие в современном ассортименте мясных изделий продукции (сосиски, шпички, вареные и полукопченые колбасы и т. д.), содержащей структурные «вставки» в виде кусочков сыра, представляется целесообразным рассмотреть принципы получения высококонцентрированных эмульсий, имитирующих твердые виды сыров непосредственно в производственных условиях.

В качестве примера рассмотрим процесс производства аналога сыра на основе коммерческого препарата «Мистермит С 10».

«Мистермит С 10» представляет собой комплексную пищевую добавку, состоящую из альгината натрия (E401), молочного белка, каррагинана (E407), растительного жира, сахара, ароматизатора сыра, ортофосфата натрия (E339), сульфата кальция (E516), красителя (E160b).

Препарат обладает высокой водосвязывающей, эмульгирующей и стабилизирующей способностями, широко применяется при производстве гранул, имитирующих сыр.

Рецептура аналога сыра: масло сливочное – 15%, «Мистермит С 10» – 22%, вода – 63%.

**Процесс приготовления.** В куттер наливают воду с температурой 30–40 °C и при низких оборотах вращения ножей и чаши куттера вносят «Мистермит С 10». После равномерного распределения смеси по объему чаши переходят на максимальную скорость работы ножей и включают вакуум. Куттерование ведут не более 2–3 мин до образования однородной массы кремового цвета. Затем добавляют сливочное масло и продолжают куттерование с использованием вакуума до получения эмульсии (2–4 мин).

Готовая масса представляет собой однородную эмульсию желтоватого цвета пастообразной консистенции.

После завершения процесса куттерования необходимо немедленно (не позднее, чем через 3 минуты после окончания процесса куттерования) выгрузить готовую массу в чистые емкости (слоем высотой не более 20 см) и направить на охлаждение в течение 10–12 часов при температуре 0–4 °C для образования плотной структуры.

После выдержки аналог используют так же, как и натуральный сыр, при производстве колбасных изделий для создания необходимого рисунка.

## ЛЕКЦИЯ 9

### ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЯСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Осадка** – это процесс выдержки отформованных, наполненных фаршем колбасных батонов перед термической обработкой. В зависимости от вида колбас и целей различают кратковременную и длительную осадку. Осадку производят в специальных камерах при 0–2 °C и относительной влажности воздуха 80–85%.

*Кратковременная осадка* предназначена для вареных (1–3 ч), варенокопченых и полукопченых (4–6 ч) колбас.

Цель кратковременной осадки:

- тиксотропное восстановление коагуляционной структуры фарша, т. е. восстановление связей между составными частями фарша, нарушенных в момент шприцевания. Вследствие восстановления фарш приобретает монолитность, увеличивается доля прочносвязанной воды, что впоследствии улучшает консистенцию, делая готовый продукт более сочным.
- развитие реакций, связанных со стабилизацией окраски фарша, которые продолжаются и в процессе последующих обжарки и варки;
- подсушивание оболочки, что благоприятно сказывается на качестве обжарки колбас. Поэтому в камерах при осадке поддерживают циркуляцию воздуха. Несмотря на то что уменьшение массы колбас за счет испарения составляет около 0,1%, в результате правильно организованной осадки у вареных колбас

величина выхода после термообработки может увеличиться на 1,2–1,8%.

В настоящее время в связи с широким использованием процесса вакуумирования фаршей (при куттеровании и шприцевании) большинство предприятий осадку для отформованных колбасных батонов (вареные колбасы) не производят, а выдерживают их перед последующей обжаркой в неохлаждаемых помещениях при температуре 15–20 °C в течение 20–60 мин.

Данный прием позволяет ускорить коллоидно-химические и биохимические процессы, характерные для осадки, а также обеспечить прогрев фарша, имеющего после куттерования и шприцевания весьма низкие температуры (16–18 °C). Показано, что при проведении термообработки колбасных фаршей, имеющих исходную температуру ниже 14 °C, реакции цветообразования развиваются медленно, цвет фарша в готовой продукции серый и быстро обесцвечивается после нарезки. Если же отформованные батоны подают на термообработку с температурой выше 20 °C, то фарш может закисать, появляются пористость, пигментация зеленого цвета.

В связи с этими обстоятельствами процесс кратковременной (теплой) осадки должен проходить под жестким технологическим контролем.

При нарушении параметров осадки (особенно температурных) имеется опасность:

- развития микроорганизмов;
- восстановления нитрита натрия до молекулярного азота и обесцвечивания фарша (либо появления зеленых пятен);
- увеличения степени пористости продукта.

*Длительная осадка* предназначена для сырокопченых и сыровяленых колбас (5–10 сут).

Цель длительной осадки:

- тиксотропное восстановление структуры фарша вследствие развития процессов вторичного структурообразования;
- развитие ферментативных процессов (созревание), вызываемых жизнедеятельностью микроорганизмов, активностью тканевых ферментов и свойствами белковых веществ. При этом улучшаются консистенция, вкус, аромат и цвет колбас. Созревание начинается в мясе сразу после убоя и продолжается до конца сушки.

В процессе осадки происходит селективное развитие микроорганизмов (подавляется развитие гнилостных, увеличивается количество микрококков, энтерококков). Повышается активность протео-

литических, липополитических и гликополитических ферментов. При этом во время осадки при общем росте количества микроорганизмов уменьшается разнообразие их форм.

Трансформация качественного состава микроорганизмов продолжается и на других стадиях технологического процесса: при копчении развиваются кислотообразующие (молочнокислые) бактерии и их количество резко возрастает в ходе сушки. При длительной осадке идет испарение влаги, т. е. обезвоживание фарша, при этом увеличивается концентрация соли, вследствие чего подавляется рост вредных бактерий, продолжается процесс развития реакций цветообразования фарша, что связано с изменением величины pH, наличием микроорганизмов; происходит образование специфического вкуса и цвета, наблюдается изменение морфологических элементов клеток, гидролитический распад белковых веществ, уменьшается растворимость белков, идет частичная деструкция коллагена.

В результате изменений pH сарколемма мышечных волокон набухает и гомогенизируется, возникают прочные межмолекулярные связи между активными группами молекул, приводящие к агрегированию белковых частиц и упрочнению структуры.

Образование агрегатов главным образом связано с возникновением водородных, дисульфидных связей и, очевидно, солевых мостиков. Такого рода агрегирование идет одновременно с гидролитическим распадом белка, т. е. с разрывом пептидных связей.

Образуется (и упрочняется при копчении и сушке) пространственная конденсационная структура, обуславливающая изменение структурно-механических свойств продукта.

Благоприятное направление развитию вышеуказанных процессов могут придать введенные в фарш полезные бактериальные культуры.

### Термообработка

Основные цели тепловой обработки мясных продуктов:

- доведение продукта до состояния кулинарной готовности;
- проведение реакций цветообразования и формирования вкусоароматических веществ;
- перевод вязко-пластических свойств мясных систем в упругоэластично-пластичные;
- уничтожение вегетативных форм микроорганизмов.

Применительно к вареным колбасным изделиям, изготавляемым в паро- и газопроницаемых оболочках (натуральных, белковых,

целлюлозных и других), процесс термообработки включает в себя несколько этапов: обжарку; варку; охлаждение.

Для парогазонепроницаемых (полиамидных) оболочек термообработка имеет упрощенный вид: варка; охлаждение.

**Обжарка** – обработка поверхности вареных и полукопченых колбас горячими дымовыми газами, имеющими температуру 60–120 °С. Продолжительность обжарки зависит от вида и толщины оболочки, размеров и диаметра батона и составляет: для сосисок – 30–40 мин; для колбас большого диаметра – до 2,5 ч.

При этом процесс проводят в две фазы: на первой производят подсушку воздухом при температуре 50–60 °С, на второй – собственно обжарку (дымом) при максимальных температурах.

Об окончании обжарки судят по температуре в центре батона: для колбас небольшого диаметра она составляет 40–50 °С, для изделий большого диаметра – 35–45 °С.

Батоны перед варкой прогреваются до уровня начала стадии денатурации белков – таким образом сокращается период последующей варки.

При обжарке:

- активизируются автолитические процессы, сопровождающиеся частичным гидролитическим распадом белка и жира и улучшением консистенции фарша;
- происходит дубление (упрочнение) колбасной оболочки, уменьшается ее гигроскопичность, в результате чего продукт становится более устойчив к действию микроорганизмов. Кроме этого, оболочка приобретает приятный золотисто-красный цвет, обусловленный взаимодействием фенолов коптильного дыма с коллагеном оболочки;
- активизируется реакция цветообразования (25–30 °С) фарша в результате распада нитрита натрия. Следует иметь в виду, что понижение температуры обжарки и сокращение времени процесса приводят к образованию пористой структуры и недостаточно яркой окраски фарша. При недостаточной продолжительности обжарки батоны также получаются бледно-серого цвета;
- продукт приобретает приятный специфический запах и привкус коптильных веществ (количество фенолов после обжарки колбас составляет 0,5–1,5 мг/%);
- одновременно с подсушиванием (дублением) оболочки происходит частичное испарение слабосвязанной воды из фарша. В период обжарки колбасные изделия теряют массу (в %): сосиски – 10–12; вареные колбасы – 4–7; полукопченые – до 7.

Максимальная скорость испарения влаги имеет место на первой фазе обжарки, причем повышение температуры обжарки на 10 °С увеличивает скорость испарения на 10–15%.

Большое значение при обжарке имеет относительная влажность воздуха (дыма):

- при снижении относительной влажности с 12 до 5% скорость испарения возрастает на 30%;
- при относительной влажности 3% оболочка теряет эластичность и трескается;
- при относительной влажности более 25% обжарка сильно замедляется, и оболочка долго сохраняет серую окраску.

При слишком высокой скорости испарения растет потеря массы (уменьшается выход готовой продукции); кроме того, из глубины батона вместе с влагой диффундируют водорастворимые вещества, в том числе нитрит натрия. Эти вещества концентрируются на поверхности, и если фарш перед обжаркой не был достаточно выдержан, образуется окрашенное кольцо по периферии при очень бледной окраске в центре батона.

Вследствие высоких температур воздуха (дыма) на поверхности и в поверхностных слоях батона происходит гибель вегетативных форм микроорганизмов. Однако надо иметь в виду, что в колбасных изделиях (особенно большого диаметра) температура какое-то время может находиться на уровне оптимального развития микроорганизмов (25–35 °С) и действия ферментов. Задержка между обжаркой и варкой колбас более чем на 30 мин может привести к активизации микроорганизмов и ферментов внутри батонов и вызвать ухудшение окраски, размножение микроорганизмов и закисание фарша.

Необходимо учитывать густоту дыма, так как от концентрации воздушно-дымовой смеси зависит продолжительность обжарки и цвет поверхности колбас. Оптимальная густота дыма находится в пределах 0,26–0,29 (по экстинкции).

Конечный результат обжарки (цвет поверхности продукта) можно выразить как произведение коэффициента экстинкции на продолжительность обработки в часах. Оптимальная величина произведения лежит в пределах 0,085–0,095 и зависит от температуры, относительной влажности и скорости движения коптильной среды.

Таким образом, эффективность проводимой обжарки в первую очередь зависит от степени контроля за четырьмя основными технологическими факторами:

- температурой среды;

- относительной влажностью среды;
- скоростью движения среды;
- густотой дыма, используемого для обработки.

Как показывает практика, хорошие результаты с точки зрения формирования качества и сохранения готовой продукции (для варенных колбас) обеспечивают следующие условия:

- использование на 1-й фазе обжарки температуры греющей среды 50–60 °C, относительной влажности воздуха 20% и оптимальной скорости движения воздуха 2 м/с;
- на 2-й фазе – температуры 80–110 °C, относительной влажности 47–57%, скорости движения воздуха 2 м/с.

В случае добавления в фарш коптильной жидкости обжарку можно производить горячим воздухом.

**Техника обжарки.** Обжарочные камеры бывают с паровым, огневым и газовым обогревом. Дым получают за счет сжигания опилок в топке. Для обогрева камер используют змеевики с паром. Температура в зоне горения – 300 °C. Коптильный дым можно получать также и на фрикционных дымогенераторах за счет трения. Полученный дым подается вентилятором на фильтрацию, затем в камеры. В каждую камеру загружается от 2 до 5 рам с продукцией.

**Варка.** После обжарки (или первого копчения для варено-копченых изделий) колбасы и соленые изделия, за исключением сыроподобных и сыровяленых, направляют на варку.

Цель варки – доведение продукта до состояния кулинарной готовности. При этом у продукта улучшаются вкус, аромат и консистенция, он лучше усваивается организмом, в нем погибает до 99% вегетативных микроорганизмов, повышается его стабильность при хранении.

Процесс варки, проводимый водой, паром, горячим воздухом, в контакте или без контакта с греющей средой, является влажным нагревом при умеренных температурах (до 100 °C), т. е. составные части продукта подвергаются воздействию горячей воды, поскольку она количественно преобладает в продукте. В современных условиях температура греющей среды, используемой в колбасном производстве, как правило, составляет 75–80 °C, что позволяет в большей степени обеспечить сохранение биологической ценности исходных нутриентов (белков, липидов, углеводов, минеральных элементов) в готовой продукции.

Для мясопродуктов, упакованных в полиамидные пленочные материалы, температура греющей среды составляет 90 °C.

Выбор уровня температуры в центре продукта в конце процесса варки зависит от уровня контаминации используемого сырья микроорганизмами и от особенностей рецептурного состава колбасного изделия. В частности, установлено, что оптимальная температура, обеспечивающая сохранение вкусоароматических характеристик мяса и приемлемые микробиологические показатели находится в диапазоне температур 70–72 °C; для колбас, содержащих в рецептуре нативные крахмалы, наиболее рациональной является температура в центре батона 75 °C, что позволяет в максимальной степени реализовать структурирующий потенциал крахмала. Существенным фактором, влияющим на степень готовности продукта, органолептические показатели, структурно-механические свойства и, главным образом, на степень инактивации вегетативных микроорганизмов, является, наряду с конечной температурой, продолжительность воздействия данной температуры на продукт.

Именно по этой причине в настоящее время процесс термообработки рассматривают как процесс пастеризации.

Как известно, к концу варки температура в центре продукта должна составлять 68–70 °C (для колбас) и 70–75 °C (для продуктов из свинины, говядины и баранины), так как при этих условиях денатурирует большая часть белков мяса.

Применение ступенчатых режимов нагрева, основанное на последовательной денатурации белков, обеспечивает получение продукции с улучшенной консистенцией, вкусом и более высоким выходом и одновременно гарантирует инактивацию гнилостных микроорганизмов.

Контролируют состояние кулинарной готовности по количеству остаточной (после нагрева) кислой фосфатазы: оно не должно превышать 16,8% от начального содержания.

Основные изменения мяса при влажном нагреве:

- тепловая денатурация белковых веществ;
- сваривание и гидротермический распад коллагена;
- изменение экстрактивных веществ и витаминов;
- отмирание вегетативных форм микроорганизмов;
- изменение морфологической структуры, прочностных свойств и ВСС, изменение органолептических показателей;
- стабилизация свойств мясных эмульсий.

В процессе нагревания белки претерпевают денатурационно-коагуляционные превращения, в результате которых 1-й уровень организации структуры молекулы практически не изменяется.

Основное влияние нагревания на белок заключается в конформационных изменениях вторичной, третичной и четвертичной структур. При этом большая часть связей ( $C-H$  – 4 эВ;  $-H-H$  – 0,2 эВ;  $-C-C$  – 2,5 эВ и диполя – 0,1 эВ) при нагреве рвутся и восстанавливаются по новым местам; молекула подвергается конформационным изменениям, идет процесс агрегации.

При нагреве фибриллярных белков (миозина, фибриногена, эпидермина) происходит их переход от изогнутой складчатой  $\alpha$ -конформации полипептидных цепей к более растянутой  $\beta$ -спиральной.

Глобулярные белки развертываются, и белок по структуре приближается к фибриллярным. Присутствие воды способствует разрыву связей и развертыванию белковых цепей.

Таким образом, денатурация представляет собой модификацию третичной структуры белковой глобулы или молекулы, которая приводит к заметному изменению их свойств без нарушения ковалентных связей. Одновременно изменяется положение пептидных цепей относительно друг друга. Вследствие растягивания и раскручивания полипептидных цепей освобождаются (около 50%) скрытые до этого –  $SH$ -группы, количество которых характеризует ход денатурации и степень конформационных изменений молекулы.

Развернутые полипептидные цепочки более доступны действию ферментов, и поэтому денатурированные белки (вареное мясо) лучше перевариваются и усваиваются.

Белки мяса разнообразны по свойствам и температуре денатурации, поэтому тепловая денатурация белков при медленном нагреве происходит ступенчато (начало денатурации – при 42–50 °С): миозин – 45–50 °С; актин – 50–55 °С; актомиозин – 42–48 °С; миоген – 55–66 °С; миоальбумин – 45–47 °С; глобулин-Х – 50–80 °С; миоглобин – 60–70 °С; миопротеиды – 100 °С; коллаген – 56–65 °С; эластин – 125 °С.

При денатурации сложных белков (миоглобин) ослабляются связи между белковой частью молекулы и простетической группой, причем при достаточно интенсивном нагреве простатическая группа отделяется.

Устойчивость белков к денатурации увеличивается:

- в присутствии поваренной соли, сахаров;
- при сдвиге pH в нейтральную сторону от изоэлектрической точки.

При нагревании до 60 °С денатурирует 90% белков мяса, но даже и при 100 °С часть их остается в нативном состоянии. Одновременно с денатурацией и в продолжение ее происходит агрегирование полипептидных цепей вследствие возникновения случайных

вторичных солевых и водородных связей между молекулами белка, т. е. идет процесс коагуляции. Возникновение этих связей приводит к блокированию полярных группировок, а следовательно, к снижению гидрофильности денатурированного белка, падению его растворимости. Степень коагуляционных изменений возрастает с повышением температуры и длительности нагревания, причем чем выше степень агрегирования, тем медленнее идет переваривание белка.

Уменьшение гидрофильности связано также со сдвигом величины pH в процессе денатурации белка в нейтральную область (от 5,3 до 5,7; от 6,1 до 6,6), что обусловлено уменьшением числа определяемых кислотных групп мышечных белков. При этом количество прочно связанной воды в мышечной ткани уменьшается на 15–20%, что также приводит к снижению сочности вареного мяса.

В последние годы большой интерес вызывают ступенчатые режимы тепловой обработки (дельта-варка), основанные на последовательном подъеме температуры греющей среды (45–55 °С); (60–65 °С); (65–70 °С); (75–80 °С) с кратковременной выдержкой продукта при заданных температурных условиях, обеспечивающих более мягкое тепловое воздействие и более эффективное и полное восстановление вторичных связей между белками.

#### **Сваривание и гидротермический спад коллагена.**

Коллаген при нагревании в присутствии воды сваривается, что сопровождается ослаблением и разрывом части водородных связей, удерживающих полипептидные цепи в трехмерной структуре. Данное явление вызывается усилением теплового колебания цепей.

Полипептидные цепи в результате ослабления и частичного разрыва связей изгибаются и скручиваются. Между ними возникают новые водородные связи, имеющие случайный характер. Соответственно этому коллагеновые волокна деформируются, укорачиваются и утолщаются.

После сваривания коллаген становится более доступным действию пепсина и трипсина, причем степень перевариваемости коллагена возрастает с увеличением температуры и продолжительности тепловой обработки.

В результате сваривания и возрастания толщины и объема волокон (на ~60% больше, чем до нагрева), структура коллагеновых волокон как бы разрыхляется, становится более однородной, возрастает ВСС коллагена и эластичность; прочность падает (в 5–6 раз).

Величина температуры сваривания коллагена (обычно 58–62 °С) зависит:

- от природы коллагена (чем больше в нем оксипролина, тем она выше);
- присутствия поваренной соли (повышает температуру сваривания);
- предварительной обработки коллагена слабыми растворами кислот и щелочей (при этом температура сваривания падает);
- содержания включений в виде эластиновых волокон;
- структурой соединительнотканых образований (чем сложнее структура, тем выше температура сваривания);
- степени измельчения. В частности, в вареных (гомогенизованных) колбасах уровень гидролиза коллагена после термообработки составляет 20–45%.

После сваривания при продолжении нагревания коллаген дезагрегируется, образуя глютин. Дезагрегация выражается в дальнейшем разрыве солевых и водородных поперечных связей, удерживающих полипептидные цепочки в структуре коллагена. Однако ковалентные связи сохраняются, и поэтому молекулы глютина состоят из 5–6 связанных полипептидных цепей и имеют молекулярную массу ~320 тыс.

#### Продукты гидролиза коллагена.

Глютин – имеет большое количество гидрофильных групп и поэтому набухает в воде при 40 °С и выше, растворим в воде, так как отсутствуют постоянные прочные связи между молекулами;

- при охлаждении растворы глютина застуживаются;
- глютин легко расщепляется пепсином и трипсином.

Процесс превращения коллагена в глютин называется *пептизацией*.

Практически одновременно с пептизацией коллагена начинает развиваться гидролиз образующегося глютина. Происходит разрыв полипептидных цепочек глютина по месту пептидных связей на более мелкие звенья различных размеров и строения. Эти продукты распада называются *глютозами* или *желатозами*. Чем выше температура и продолжительнее нагрев, тем больше образуется этих низкомолекулярных (молекулярная масса от 10 до 60 тыс.) продуктов дезагрегации коллагена. При этом чем больше соотношение высокомолекулярных (60–80 тыс.) к низкомолекулярным (10–50 тыс.) соединениям, тем быстрее идет студнеобразование, тем студни прочнее, тем выше температура образования студня. На этом принципе основан процесс получения желатина.

В целом степень дезагрегации коллагена возрастает с увеличением температуры и продолжительностью нагревания.

Для достижения мясным продуктом состояния кулинарной готовности достаточно распада 20–45% коллагена соединительной ткани.

#### Роль дезагрегации коллагена:

- повышается уровень его усвоемости пищеварительными ферментами;
- ослабляется прочность соединительной ткани, улучшается нежность мяса в целом.

При переходе глютина в водный раствор образуется питательный бульон. В процессе производства колбасных изделий следует учитывать, что чрезмерный уровень гидролиза коллагенсодержащего сырья (также как и введение в рецептуры повышенных количеств коммерческих белковых препаратов, получаемых из жилки и других компонентов) может привести к негативным последствиям – образованию «желейных карманов» под оболочкой и внутри цельномышечных и реструктурированных изделий.

#### Изменение экстрактивных веществ.

Экстрактивные вещества влияют на образование специфического аромата и вкуса варенного мяса.

Основная роль в формировании аромата мяса принадлежит:

- глутаминовой кислоте, которая в количестве 0,3% существенно усиливает специфический мясной вкус;
- глутамину, т. е. амиду глутаминовой кислоты, от которого при нагревании отщепляется аммиак, и он превращается в глутаминовую кислоту;
- инозиновой кислоте и продуктам ее распада (инозин, гипоксантин);
- краеатин, 1/3 которого превращается в креатинин;
- продуктам распада холина;
- образующемуся после варки мяса сероводороду ( $H_2S$ ), очевидно, в связи с распадом глутатиона. Добавление нитрита натрия уменьшает скорость образования сероводорода;
- из серосодержащих аминокислот (цистина, цистеина) образуются меркаптаны, метилсульфид, метилдисульфид, сероводород.

Специфический аромат при нагревании мяса появляется также в результате взаимодействия аминокислот с сахаром, т. е. в результате так называемой реакции меланоидинообразования (реакции Майяра). Наиболее легко в эту реакцию вступают пентозы (рибоза) и гликалок, лейцин, аланин. В ходе реакции образуются карбонильные соединения:

- альдегиды (формальдегид, метилглюксаль), кетоны;

- ацетон, диацетил, фурфурол, оксиметилфурфурол, метилфурфурол и вещества, обладающие специфическим запахом.

Фурфурол при повышенных температурах вступает в реакцию с белками и аминокислотами, в результате чего образуются темно-коричневые меланоидины. При нагревании некоторые аминокислоты распадаются с образованием веществ, обладающих мясным ароматом:

- из метионина образуется метиональ;
- из цистеина – меркаптоацетальальдегид;
- из треанина –  $\alpha$ -кетомасляная кислота.

В составе летучих веществ вареного мяса найдены низкомолекулярные летучие жирные кислоты (ЛЖК), играющие важную роль в формировании вкуса и запаха (муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная и т. д.).

ЛЖК подразделяются на:

- низкомолекулярные с числом углеродных атомов от C<sub>1</sub> до C<sub>7</sub>;
- среднемолекулярные с C<sub>8</sub> до C<sub>10</sub>;
- высокомолекулярные от C<sub>10</sub> до C<sub>20</sub>;

Установлено, что на аромат мяса в основном влияют ЛЖК с четным числом углеродных атомов, начиная с C<sub>4</sub>.

#### Изменение жиров.

При варке мясопродуктов жир плавится и коалесцирует, образуя с водой гомогенную фазу и эмульсию. С увеличением продолжительности нагревания увеличивается степень:

- эмульгирования;
- гидролиза;
- насыщения непредельных связей радикалов жирных кислот, т. е. нагревание стимулирует ход окислительно-гидролитических процессов жира и таким образом приводит к некоторому снижению пищевой ценности продукта.

#### Изменение витаминов.

При нагревании витамины теряются как за счет тепловой инактивации, так и в результате перехода их во внешнюю среду с бульоном.

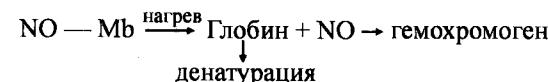
В зависимости от условий нагрева мясо теряет (в %):

- 30–60 тиамина;
- 15–30 пантотеновой кислоты и рибофлавина;
- 10–15 никотиновой кислоты;
- 10–15 аскорбиновой кислоты.

При варке изделий в оболочке (колбас) потеря витаминов несколько ниже.

#### Изменение гемовых пигментов.

Нагревание нитрозопигментов NO – Mb и NO – Hb обеспечивает более устойчивую окраску мяса; при этом происходит денатурация белковой части – глобина и отщепление простетической группы, содержащей NO:



Таким образом, цвет вареного мяса обусловлен содержанием в нем нитрозогемохромогена. По некоторым данным, денатурация миоглобина ускоряет образование нитрозомиоглобина или нитрозогемохромогена, если процесс присоединения NO-группы к Mb до тепловой обработки еще не завершен полностью.

#### Влияние нагрева на микроорганизмы.

Так как большая часть мышечных белков денатурирует в температурном диапазоне 45–55 °C, а сваривание, гидролиз и дезагрегация коллагена происходят при температуре 58–64 °C, обеспечение кулинарной готовности продукта и трансформация его структурного состояния могут быть теоретически достигнуты при доведении температуры в центре до 54–64 °C.

Однако регламентируемая в практике температура значительно выше (68–75 °C), что объясняется необходимостью гарантированного уничтожения патогенных микроорганизмов.

Большинство вегетативных микроорганизмов погибает в течение 5–10 мин при температуре 60–70 °C.

При нагревании мясопродуктов до 68–70 °C в них погибает не более 80% вегетативных микроорганизмов, а из числа остающихся приблизительно 90% составляют спорообразующие формы.

Допустимое количество остаточных микроорганизмов составляет 10<sup>3</sup> клеток на 1 г продукта и зависит:

- от уровня начальной контаминации фарша микроорганизмами;
- величины pH среды;
- наличия консервантов;
- диаметра колбасных батонов;
- параметров термообработки.

Таким образом, эффективность термообработки в основном оценивают по уровню получаемого пастеризационного эффекта.

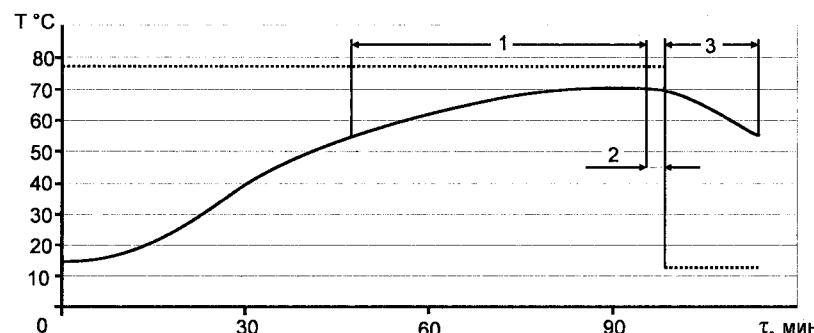
Пастеризационный эффект рассчитывают по методике, сходной с определением стерилизующего эффекта в консервном производстве.

**Сущность расчета:**

1. В колбасных батонах определенного диаметра и рецептурного состава измеряют температуру в центральной части на всех этапах тепловой обработки. При этом, принимая во внимание, что отмирание микроорганизмов начинается при температурах выше 54–55 °C, рассчитывают пастеризационный эффект именно от начала достижения этой температуры в центре батона до окончания теплового воздействия. Так как ингибирующее воздействие тепловой обработки на микроорганизмы определяется не только уровнем температуры, но и продолжительностью воздействия, в современных технологиях предусмотрено проведение тепловой обработки в несколько циклов: прогрев батона – доведение температуры в центре продукта до требуемого уровня (68–75 °C) – выдержка колбасы при данных условиях определенное время для обеспечения гарантированного уничтожения микроорганизмов – снижение температуры (охлаждение).

Следовательно, несмотря на адекватность используемых параметров тепловой обработки (температура греющей среды, температура в центре), получение пастеризационного эффекта для колбас различного диаметра обеспечивается продолжительностью воздействия на микроорганизмы наиболее высокой температуры.

2. Эффективность выбранного режима тепловой обработки определяют, используя полученную термограмму (рис. 9.1).



**Рис. 9.1.** Измерение температуры внутри батона вареной колбасы диаметром 90 мм:

1, 2, 3 – соответственно, фазы нагрева, выдержки, охлаждения

С этой целью, начиная измерение температуры от 54–55 °C и выше, ежеминутно регистрируют ее изменения внутри батона и продолжительность воздействия. Далее, используя экспериментально найденные (Германия, Кульмбах) значения пастеризационных эф-

фектов (F-10/70), характеризующих степень гибели микроорганизмов в течение 1 мин воздействия определенной температуры (табл. 9.1), рассчитывают суммарный пастеризационный эффект.

**9.1. Расчетная таблица величины F-10/70 по Райхерту (1977)**

°C	F-10/70	°C	F-10/70	°C	F-10/70	°C	F-10/70
55	0,03	65	0,32	75	3,16	85	31,62
56	0,04	66	0,40	76	3,98	86	39,81
57	0,05	67	0,50	77	5,01	87	50,12
58	0,06	68	0,63	78	6,31	88	63,09
59	0,08	69	0,79	79	7,94	89	70,43
60	0,10	70	1,00	80	10,00	90	100,00
61	0,13	71	1,26	81	12,59	91	125,89
62	0,16	72	1,58	82	15,85	92	158,49
63	0,20	73	1,99	83	19,95	93	199,53
64	0,25	74	2,51	84	25,12	94	251,19

Суммирование всех значений F-10/70 позволяет установить (рис. 9.1), что на этапе нагревания пастеризационный эффект составляет 21,92, на этапе выдержки – 4,0, на этапе охлаждения – 3,74, т. е. величина интегрального пастеризационного эффекта для данного случая составляет 29,66 и соответствует рекомендуемому значению F-10/70 для вареных колбас диаметром 90 мм, равному  $\approx 30,0$  ед.

3. При чрезмерном расчетном пастеризационном эффекте уменьшают длительность периода выдержки (экспозиции), при недостаточном – увеличивают продолжительность термообработки либо температуру в центре продукта.

4. Используя данную методику, можно проводить сравнительную оценку эффективности различных режимов тепловой обработки; оптимизировать существующие параметры и прогнозировать устойчивость готовой продукции при хранении.

5. В производственных условиях не всегда имеется возможность провести аналитический расчет пастеризационного эффекта, в связи с чем можно воспользоваться следующими рекомендациями: осуществляйте выбор уровня конечной температуры в центре колбасного батона с учетом особенностей рецептурного состава (для свиноемких рецептур – 68 °C; для стандартных – 70 °C; для рецептур, содержащих каррагинаны – 72 °C; для колбас, содержащих крахмал, – 75 °C).

Потеря мясного вкуса отмечается при  $t_{\text{ц}} > 70$  °C.

Экспериментально установлено, что устойчивый пастеризационный эффект для вареных колбас диаметром 45–50 мм при разных

уровнях температуры в центре обеспечивается продолжительностью выдержки колбас при этой температуре:

при  $t_{\text{ц}} = 68^{\circ}\text{C}$   $\tau_{\text{выдержки}} = 15$  мин;

при  $t_{\text{ц}} = 70^{\circ}\text{C}$   $\tau_{\text{выдержки}} = 8$  мин;

при  $t_{\text{ц}} = 72^{\circ}\text{C}$   $\tau_{\text{выдержки}} = 4,5$  мин;

при  $t_{\text{ц}} = 75^{\circ}\text{C}$   $\tau_{\text{выдержки}} = 0$  мин, т. е. экспонирование не требуется и колбаса может быть отправлена непосредственно на охлаждение.

Продолжительность термообработки вареных колбас можно рассчитать также исходя из следующего соотношения: 1 мин нагрева : 1 мм  $d$  колбас.

Для цельномышечных и реструктуризованных мясопродуктов при температуре греющей среды от 80 до  $85^{\circ}\text{C}$  расчетный период термообработки составляет 50–55 мин на 1 кг массы сырья.

#### **Изменение структурно-механических свойств и состава продукта**

Изменение свойств продукта при нагреве зависит от изменения свойств его составных частей, химического состава, способа и техники нагрева, наличия или отсутствия защитной оболочки на поверхности продукта, величины потерь.

Денатурационно-коагуляционные превращения белков влияют на изменение прочностных характеристик, гидрофильность, геометрические размеры и форму продукта, потерю аминокислот. Денатурация растворимых белков приводит к снижению ВСС и увеличению прочности вареного мяса по сравнению с сырым. Сваривание и гидротермическая дезагрегация коллагена снижают прочность мяса и увеличивают ВСС.

По этим причинам соотношение в составе продукта мышечной и соединительной тканей предопределяет продолжительность и температуру нагрева, оказывает влияние на структурно-механические свойства и ВСС готового продукта. Причем надо иметь в виду, что скорость и степень спада коллагена при нагреве возрастают с увеличением степени измельчения соединительной ткани.

Прочностные характеристики мяса также зависят от количества воды в продукте и от величины ВСС. В свою очередь ВСС в вареном продукте изменяется в зависимости:

- от температуры и продолжительности температурного воздействия: чем больше температура и время нагрева, тем выше развитие постденатурационных коагуляционных изменений и тем ниже ВСС, повышается жесткость мяса;
- величины рН, степени созревания мяса;

- наличия добавок (фосфаты, крахмал и т. п.), поваренной соли;
- наличия белковых препаратов, пищевых гидроколлоидов.

Денатурационно-коагуляционные изменения мышечных белков приводят к уменьшению диаметра мышечных волокон на 25–30%, а сваривание коллагена сопровождается увеличением толщины соединительных прослоек в 2–2,5 раза.

#### **Особенности изменений колбас при варке**

Нагрев колбасных изделий до  $68$ – $70^{\circ}\text{C}$  обеспечивает денатурацию растворимых белков, гидротермический распад большей части коллагена, желательные изменения экстративных веществ и уничтожение значительной части микроорганизмов (вегетативной). Так как фарш – высокодисперсионная система-эмulsionя, то при коагуляции белков частицы образуют структуру, хорошо связывающую воду. Наличие упруго-пластичных свойств, микро- и макрокапилляров, заполненных водой, а также глютина способствует получению выхода колбасных изделий выше 100%.

Изменяя состав, степень измельчения, ВСС и количество белка в исходном фарше, можно получить готовые колбасные изделия с заданными свойствами.

#### **Особенности изменений соленых изделий при варке**

При тепловой обработке мясопродуктов с сохранившейся клеточной структурой происходит сжатие мышечных волокон, в результате чего из мяса выделяется бульон, содержащий воду, глютин, белок, жир и экстрактивные вещества. За счет этого потери достигают 20–30%, продукт уплотняется и становится менее сочным. Улучшение консистенции и повышение величины выхода может быть обеспечено:

- путем создания на поверхности соленых изделий защитного слоя, препятствующего испарению и выделению влаги. Этот слой образуется при температуре  $120$ – $180^{\circ}\text{C}$  на первом этапе нагрева в результате денатурации и уплотнения поверхности;
- путем нанесения на поверхность продукта веществ (в основном высокомолекулярных), образующих защитную пленку;
- введением в продукт при посоле фосфатов, гидроколлоидов и белковых препаратов;
- предварительным массированием мяса;
- применением ступенчатых режимов тепловой обработки.

### Запекание

Запекание отличается от варки тем, что процесс нагрева ведут горячим (170–250 °C) воздухом. Конечная температура в центре продукта после запекания составляет 70 °C.

Использование смеси дыма и горячего воздуха дает возможность получить копчено-запеченный продукт (окорока, штучные изделия).

При запекании исключаются потери составных частей продукта, поэтому выход готовой продукции несколько выше, чем при варке, а потеря сока и жира ниже. Продукт получается с лучшим вкусом и запахом, с более нежной консистенцией. Запекание окороков проводят в обжарочных камерах в две фазы:

- на первой при температуре 250 °C прогревают окорока до 40–45 °C, при этом происходит интенсивное уплотнение поверхностного слоя – как за счет денатурационно-коагуляционных превращений, так и вследствие пиролиза (спекания) белков;
- на второй фазе при температуре 80–170 °C продукт доводят до готовности. В результате происходит внутреннее парообразование и образующийся бульон не вытекает из продукта. Внутренние напряжения расширяют продукт, вследствие чего улучшаются его консистенция, нежность, сочность и внешний вид.

Перед запеканием соленые изделия формуют, упаковывают в полимерные материалы.

Процесс копчения–запекания можно проводить либо при постоянной температуре 75–85 °C, либо ступенчато: сначала – при 160–170 °C, а затем – при 110 °C; ступенчатый режим обеспечивает более высокий выход готового продукта.

Продолжительность запекания для кореек и грудинок, бекона (при 75–85 °C) составляет 6–7 ч; для окороков – 11–12 ч.

Запекание используют также при изготовлении мясных хлебов. Процесс запекания фарша, уложенного в форму, производят при четырехступенчатом режиме (70–150 °C) в течение 3,5 ч. Ротационные печи работают на электрическом или газовом нагреве. Перед концом запекания для получения тонкой и мягкой корочки на поверхности хлебов в печь подают пар.

### Охлаждение мясопродуктов после термообработки

Охлаждение производят с целью:

- предотвращения развития остаточных микроорганизмов;
- уменьшения потерь массы мясопродуктов за счет испарения.

Скорость, способ и соотношение продолжительности периодов водяного и воздушного охлаждения оказывают непосредственное

влияние на внешний вид (цвет оболочки, морщинистость, цвет на разрезе), величину выхода готовой продукции, устойчивость колбас при последующем хранении.

Учитывая, что микроорганизмы интенсивно развиваются при 35–38 °C, необходимо при охлаждении очень быстро пройти этот температурный интервал. Одновременно с увеличением скорости охлаждения падает и скорость испарения, поэтому, как правило, охлаждение колбас производят в две стадии:

- первая стадия – быстрое охлаждение путем орошения (водяной душ с температурой воды 10–15 °C) в течение 10–30 мин до достижения температуры в центре батона 25 °C (оптимум);
- вторая стадия – воздушное доохлаждение в камерах до 8–15 °C в центре батонов. При охлаждении водой потеря массы за счет испарения снижаются почти в 8 раз, поверхность отмывается от жира, белка и загрязнений. Охлаждение проводят водой, подаваемой через форсунки.

В реальных производственных условиях температура в центре мясопродуктов по окончании этапов водяного охлаждения, как правило, находится в диапазоне 27–35 °C, что может приводить к существенному ухудшению качества органолептических показателей и снижению величины выхода.

Особенно опасным является направление готовой продукции на воздушное охлаждение с температурой в центре выше 35 °C.

Воздушное охлаждение производится в камерах при температуре 0–4 °C, относительной влажности 95% в течение 4–8 ч. Конечная температура в центре готовой продукции на фазе воздушного охлаждения должна составлять 8–12 °C.

В камерах охлаждения колбасы выдерживают при  $t = 4$  °C и относительной влажности воздуха  $\varphi = 95\%$  в течение 4–8 ч.

При охлаждении водой потеря массы колбас в паро-, газопроницаемых оболочках составляет 0,1–1,5%, при воздушном охлаждении – до 5%.

Окорока и рулеты, штучные изделия охлаждают в камерах при  $-4$  °C до температуры в толще продукта 8–10 °C. Для снижения потерь и ускорения процесса охлаждения на первом этапе можно использовать охлаждение в воде или в рассоле (до  $t = -7$  °C).

Формованные мясные изделия (ветчину, хлебы) при охлаждении довольно трудно извлечь из формы. Для интенсификации и упрощения этого процесса используют:

- кратковременный нагрев формы после охлаждения, затем мясопродукты «выбивают»;

- предварительную упаковку сырья в полимерные пакеты;
- прокладки из пленочных материалов между формой и продуктом;
- нанесение антиадгезионных покрытий на внутреннюю поверхность форм.

С целью интенсификации процесса охлаждения колбас производители термокамер предлагают экономичные технико-технологические решения:

1. Ступенчатое охлаждение: 5 мин – водяной душ, затем 5 мин – воздушное охлаждение. Чередование пятиминутной обработки холодной водой и холодным воздухом дает возможность существенно ускорить процесс теплоотъема от готовых изделий до температуры 25–27 °C в центре продукта, после чего рамы с продукцией извлекаются из термокамеры и направляются на воздушное охлаждение и хранение.

2. Проведение охлаждения готовой продукции в термокамерах в 3 фазы:

- водяной душ, позволяющий интенсивно снизить уровень температуры в центре готового продукта до 50–55 °C;
- охлаждение воздушно-водяной дисперсией, имеющей температуру 0 °C;
- воздушное доохлаждение продукта в условиях, когда циркулирующий воздух имеет температуру –5 °C.

Необходимо отметить, что данный способ неприемлем для мясопродуктов, упакованных в полiamидную оболочку.

## ЛЕКЦИЯ 10

### ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛБАСНЫХ ОБОЛОЧЕК

**Колбасная оболочка** является технологической емкостью, придающей изделию форму и защищающую его от внешних воздействий.

Основные требования к оболочкам: прочность, плотность, эластичность; устойчивость к воздействию микроорганизмов; термостойкость и влагостойкость; определенный уровень водо-, газо- и паропроницаемости; наличие стандартного диаметра; экономическая доступность.

Для каждого вида колбас в соответствии с технологическими условиями выбирают оболочку определенного типа, диаметра и длины.

В промышленности оболочки подразделяют на 4 основные группы:

- натуральные (кишечные);
- белковые (коллагеновые) искусственные;
- целлюлозные;
- полимерные.

Как показывает анализ мировой практики колбасного производства, в настоящее время доля белковых, целлюлозных и полимерных оболочек составляет свыше 80% от общего количества. При этом доля несъедобных коллагеновых оболочек от этого количества состав-

ляет 10%, съедобных – 25%, целлюлозных оболочек малого диаметра – 25%, целлюлозных фиброзных – 30%, полиамидных – 10%.

Следует иметь в виду, что каждый тип оболочки требует соблюдения определенных условий подготовки, параметров наполнения, режимов термообработки.

#### ***Натуральные (кишечные) оболочки.***

Соленые говяжьи кишки замачивают в холодной воде на 12–16 ч, бараны – на 2–3 ч. Перед замачиванием соленые кишки встряхивают, промывают от соли в проточной холодной воде в течение 15–20 мин, при этом перемешивая.

Сухие кишки замачивают в холодной воде до полного размягчения. Если их замачивают в теплой воде (30–35 °C), то продолжительность замочки составляет 2–3 ч.

Сухие синюги можно замачивать в подсоленной воде (1,5–2 кг соли на 10 л воды) при температуре 20–25 °C в течение 4–5 мин.

Если натуральная кишечная оболочка имеет несвойственный ей «хлекарственный» запах, рекомендуется подержать бочку с оболочкой в открытом состоянии в течение 1–2 дней в помещении, имеющем температуру 4–12 °C. Обычно запах исчезает. Если он сохранился, то оболочку промывают в холодной проточной воде в течение 2–12 ч. Очень важно, чтобы вода была холодной: теплая вода усиливает запах, и избавиться от него потом будет гораздо труднее. Допускается также замачивание натуральной оболочки в емкостях с холодной водой при условии, что воду меняют каждые 3 ч.

В некоторых случаях при замачивании натуральной оболочки используют растворы коптильных препаратов (обычно 1 часть препарата на 4 части воды). Подготовленную оболочку помещают в раствор: череву – на 10 мин, синюгу – на 15–20 мин; после выдержки оболочку наполняют фаршем.

Процесс обжарки дымом в этом случае исключается, и после подсушки рекомендуется сразу проводить процесс варки колбас до готовности.

В случае появления запаха осаливания натуральную оболочку рекомендуется промыть в растворе лимонной или уксусной кислоты. Хороший результат дает использование для этой цели раствора слабой питьевой соды.

***Белковые искусственные оболочки*** (белказин, натурин), а также съедобные коллагеновые оболочки типа «Колфан» изготавливают из обрезков шкур крупного рогатого скота.

Оболочки данного типа по прочности, эластичности и микробной чистоте превосходят кишечную оболочку, устойчивы к воздействию высоких температур, газо- и паропроницаемы, стандартизированы по диаметру и толщине, имеют характерный приятный запах копчения, высокую стойкость при хранении.

Белковые оболочки, предназначенные для выработки вареных и полукопченых колбас, замачивают в воде по нескольким вариантам:

- при температуре 20–25 °C в течение 20–25 мин;
- в 10% растворе поваренной соли при температуре 20–25 °C в течение 20–25 мин;
- в 20% растворе поваренной соли при температуре 20–25 °C в течение 5 мин.

Для ферментированных, сыркотченых колбас, сарделек оболочку смачивают непосредственно перед наполнением фарша.

При работе с белковыми оболочками лучше пользоваться проточной водой, имеющей pH не ниже 7,0.

Современные белковые оболочки, как правило, выдерживают нагрев до температуры 76–78 °C, но есть марки оболочек, выдерживающие и более высокие температуры – до 110 °C.

Исходя из базовых характеристик, при работе с коллагеновыми оболочками рекомендуют:

- температуру обжарки (на фазе подсушки) в первые 20 мин нагрева не поднимать выше 70 °C;
- максимальная температура обжарки не должна превышать 85–90 °C;
- предельная температура варки должна составлять 75–78 °C.

***Целлюлозные оболочки*** подразделяются на целлофановые и фиброузные.

***Целлофан*** имеет высокую механическую прочность, прозрачность, устойчивость к жирам, низкую растяжимость, хорошую окрашиваемость, восприимчивость к печати.

Недостаток: невозможность термосварки и высокая гигроскопичность.

При поглощении влаги механические свойства целлофана ухудшаются, пленка деформируется и становится газопроницаемой.

Основные типы целлофановых пленок (оболочек), используемых в мясной отрасли, не требуют замачивания перед наполнением; исключение составляют целлюлозные оболочки «нало-гли», которые рекомендуют замачивать перед формовкой на 2–4 мин в воде, имеющей температуру 30–35 °C.

Максимальная температура нагрева для целлофановых оболочек составляет 78–80 °С, но в последние годы появились марки целлофана, выдерживающие температуры до 100 °С.

*Фиброузные оболочки* имеют целлюлозную волокнистую основу, что придает им более высокую прочность, однородность по диаметру, хорошую газо- и паропроницаемость. Они хорошо поддаются копчению, обладают высокой проницаемостью для ароматических веществ, сохраняют первоначальный цвет после термообработки и в процессе хранения, а также хорошо маркируются и гофрируются.

Фиброузные оболочки замачивают в воде при температуре 30–35 °С в течение следующего времени:

- пучки оболочек открытые и с наложенными клипсами – не менее 30 мин;
- плотные пучки (гофрированные) – не менее 60 мин в вертикальном положении;
- оболочки с печатью – в течение двукратного периода времени по сравнению с указанными выше.

Излишek фиброузной замоченной оболочки может храниться в закрытых пластиковых мешках в холодном помещении в течение нескольких дней.

Плотность набивки фиброузной оболочки составляет 5–10% от номинального диаметра.

Если используется фарш с большим содержанием соевого белка или крахмала, то плотность набивки следует уменьшить, так как данные ингредиенты имеют высокий коэффициент расширения при нагреве, что может привести к разрыву оболочки.

Для предотвращения появления морщинистости оболочки охлаждение колбасных изделий следует производить сразу после термообработки под холодным душем, а затем холодным воздухом в камерах при температуре 4–6 °С. Данные параметры обеспечивают плотное облегание продукта оболочкой и отсутствие морщинистости.

Максимально допустимая температура обжарки – 90 °С, температура варки в первые 20 мин не должна превышать 70 °С, максимальная температура варки – 75 °С, в центре батона – (70±2) °С.

Рекомендуемая относительная влажность воздуха в камере на этапе обжарки (горячего копчения) должна быть на уровне 75–80%.

Фиброузные оболочки делят на легкосьемные (с низким уровнем адгезии) и с повышенной адгезией к фаршу.

Для полукопченых колбас применяются легкосьемные оболочки – с низким уровнем адгезии. При производстве сырокопченых

колбас используют оболочки с высоким уровнем адгезии, а при производстве ветчинных изделий – с самым низким уровнем адгезии.

*Полимерные оболочки* изготавливают на основе полиэтиленов, поливинилхлоридов, полиамидов (барьерные непроницаемые колбасные – «Амифлекс», «Амитекс», «Натурекс», «Экстрафлекс»; сосисочные и сарделечные – «Амипак», «Амилюкс», «Амицел»); дымопроницаемые колбасные – «Амисмок», «Амитан», «Фибросмок»).

Преимущества полимерных оболочек:

- возможность регулирования уровня паро-, дымо- и водопроницаемости;
- высокая прочность, эластичность;
- стабильность диаметра и технологических свойств;
- возможность нанесения и сохранения печати;
- пригодность для автоматизированных процессов;
- экономическая доступность.

Одним из главных достоинств полимерных оболочек является их способность выдерживать температуру до 120 °С.

Полимерные оболочки делят на два основных типа:

- термоусадочные – усадка до 15% в поперечном и продольном направлениях;
- нетермоусадочные, при использовании которых во избежание образования бульонных отеков необходимо на 5–14% уменьшать количество воды, добавляемой в фарш.

Специфичностью полимерных оболочек является то, что при их использовании допускается осуществлять термообработку колбас без предварительной подсушки и обжарки.

Существует несколько вариантов подготовки полимерных оболочек перед их наполнением.

Многослойные полимерные оболочки (типа «Амифлекс») подвергают замачиванию в воде при температуре 20 °С при условии попадания воды внутрь оболочки через открытый конец. Гофрированная оболочка должна полностью находиться в воде. Условия замачивания:

- нетермоусадочные – 20–30 мин;
- однослойные термоусадочные – 15 мин;
- 3- и 5-слойные термоусадочные – 30 мин.

При замочке «рукава» (типа «Амисмок») воду с температурой 20–25 °С проливают внутрь оболочки в течение не более 2 мин.

Оболочка типа «Амипак» для сосисок и сарделек выдерживается в воде с температурой 30 °С в течение 30 мин.

При использовании сосисочных автоматов данные типы оболочек в предварительной подготовке (замачивании) не нуждаются.

Существует несколько вариантов проведения термической обработки вареных колбасных изделий в полимерных оболочках.

*Первый вариант. Ступенчатый режим:*

1-я ступень. Температура греющей среды 50–55 °C, выдержка колбас до достижения температуры в центре батона 30–35 °C;

2-я ступень. Температура внешней среды 65–70 °C, выдержка колбас до достижения в центре батона 55 °C;

3-я ступень. Температура среды 75–80 °C, выдержка колбас до достижения в центре батона 72 °C.

*Второй вариант.* После кратковременной осадки (2 ч) при температуре 0–2 °C проводят подсушку колбас при температуре воздуха 60 °C и относительной влажности среды 25% в течение 30–100 мин в зависимости от свойств батона.

Последующую варку проводят паром при температуре 76–82 °C до достижения температуры в центре изделия 72 °C.

Готовые колбасные батоны охлаждают под душем холодной водой в течение 10–25 мин до достижения температуры в центре батона 25 °C.

В качестве варианта может быть использовано ступенчатое (интервальное) охлаждение путем периодического душирования (5 мин – орошение, 5 мин – пауза) в течение 15–40 мин в зависимости от диаметра батона.

*Третий вариант.* Батоны прогревают паром при температуре 55–60 °C в течение 20–40 мин (в зависимости от диаметра оболочки). Затем осуществляют подъем температуры греющей среды до 80 °C и проводят варку в течение 20–40 мин. Снижают температуру среды до 75–80 °C и продолжают процесс термообработки до достижения в центре колбасного батона 72 °C.

С целью получения эффекта пастеризации на заключительной фазе нагрева снижают температуру в камере до 72 °C и выдерживают продукцию в течение 8–10 мин.

Водяное охлаждение проводят под душем в течение 10–20 мин, после чего подают колбасы на охлаждение воздухом, имеющим температуру (4±4) °C.

Следует учитывать также специфичность свойств полимерных оболочек (их высокую гигроскопичность, способность набухать при замачивании, растягиваться при нагреве), а также их существенное различие в степени усадки при охлаждении и хранении, по сравнению с мясным продуктом.

При использовании полимерных оболочек следует в обязательном порядке соблюдать следующие рекомендации:

- подготовку каждого типа оболочки перед шприцеванием следует осуществлять в соответствии с требованиями и рекомендациями производителя оболочки;
- выдерживать значение коэффициента переполнения оболочки (5–8% при ручной вязке и 7–10% при работе на клипсаторе);
- при охлаждении готовой продукции не сокращать период водяного душирования;
- воздушное охлаждение проводить только при положительной температуре воздуха.

Ниже представлены таблицы фаршеемкости полиамидных и белковых колбасных оболочек, сосисочных оболочек (табл. 10.1, 10.2).

#### 10.1. Среднегодовые нормы расхода и фаршеемкости белковых и полиамидных оболочек

Калибр оболочек, мм	Расход оболочек, м на 1 т изделий		Фаршеемкость, кг на 10 м оболочек	
	белковых	полиамидных	белковых	полиамидных
40	1131	1025	8,84	9,76
45	820	810	12,20	12,35
50	644	656	15,58	15,24
55	513	542	19,50	18,45
60	498	455	20,10	21,98
65	435	388	23,00	25,77
70	346	335	28,90	29,85
75	316	291	31,60	34,36
80	298	256	33,60	39,60
85	275	227	36,36	44,05
90	247	202	40,40	49,50
95	217	182	46,00	54,95
100	175	164	57,14	60,98
105	157	149	63,69	67,11
110	138	135	72,46	74,07
115	126	124	79,36	80,65
120	—	114	—	87,72

*10.2. Таблица фаршиемкости сосисочных оболочек*

Плотери при перекрутке, %	Длина сосиски, мм	Набивочный диаметр, мм																	
		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
22	70	188	207	225	246	264	289	306	326	349	374	395	416	437	463	485	507	529	552
	80	197	217	236	258	278	302	323	344	370	396	419	442	465	493	518	542	567	592
17	90	204	226	246	269	290	314	337	360	386	414	439	464	489	519	545	571	598	625
	100	211	233	254	277	300	325	349	373	401	429	455	482	509	540	568	596	625	654
12	110	216	239	260	285	308	334	359	384	413	443	470	498	526	559	588	618	648	679
	120	221	244	266	291	315	342	368	394	424	454	483	512	541	575	605	637	688	700
13	130	225	248	271	297	322	349	376	403	433	464	494	524	554	589	621	653	686	719
	140	228	252	276	302	327	355	382	410	441	473	503	534	566	601	634	668	702	736
11	150	231	256	280	306	332	361	388	417	449	481	512	544	576	612	646	681	716	751
	160	160	234	259	283	310	337	366	394	423	455	488	520	552	585	622	657	692	728
10	170	237	262	287	314	341	370	399	428	461	495	527	560	594	631	667	703	739	777
	180	239	264	289	317	344	374	403	433	466	500	533	567	601	639	675	712	755	788
9	190	241	267	292	320	348	378	407	438	471	506	539	573	608	647	683	721	759	798
	200	243	269	294	323	350	381	411	442	475	510	544	579	614	654	691	729	768	807
8	210	245	271	297	325	353	384	414	445	480	515	549	584	620	660	698	736	776	816
	220	246	272	299	327	356	387	417	449	483	519	554	589	625	665	704	743	783	824
7	230	248	274	301	329	358	389	420	452	487	523	558	594	630	671	710	749	790	831
	240	249	276	302	331	360	389	423	455	490	526	561	598	635	676	715	755	796	838
6	250	250	277	304	333	362	394	425	458	493	529	565	602	639	680	720	760	802	844

## ЛЕКЦИЯ 11

### ПОВАРЕННАЯ СОЛЬ, ЕЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Поваренная соль (хлористый натрий) – наиболее распространенный вкусовой и одновременно технологический ингредиент в рецептурах мясопродуктов.

Действие поваренной соли проявляется в нескольких направлениях.

*Влияние на органолептические показатели.* Благодаря аниону хлора соль придает соленый вкус продуктам, несмотря на то, что для самого хлористого натрия, являющегося солью соляной кислоты, характерен уровень pH в диапазоне от 6 до 7. Поваренная соль оказывает существенное влияние на развитие ферментных систем мясного сырья, обеспечивая улучшение его вкусоароматических характеристик. Данный эффект обусловлен тем, что при концентрации поваренной соли около 1,5% скорость протеолиза белков возрастает: это используется в процессе посола сырья в мясном производстве.

При концентрации поваренной соли выше 5% активность протеаз падает почти в 2 раза, при концентрации выше 20% ход протеолиза полностью блокируется вследствие частичной денатурации и высыпания ферментов.

В присутствии поваренной соли в концентрации, характерной для мясной продукции, тканевые ферменты и ферменты микроорганизмов активизируются. Вследствие этого в течение 10 сут посола в мясе гидролизуется до 8–12% белков с образованием свободных

аминокислот, в первую очередь глутаминовой кислоты, метионина, цистеина, глютатиона. Параллельно с этим происходит гидролиз липидов с образованием летучих жирных кислот: уксусной, масляной, валериановой, каприловой, капроновой. В процессе посола мяса имеет место также гидролиз углеводов с образованием молочной кислоты, глюкозы и фруктозы.

В совокупности все образуемые вещества принципиально изменяют вкусоароматические характеристики мясного сырья.

Следует отметить, что поваренная соль негативно влияет на состояние пигментов, способствуя переходу миоглобина в мет-форму.

**Консервирующее действие.** В технологическом диапазоне концентрации, составляющем от 1,5 до 4,5%, поваренная соль не проявляет свойства антисептика, но в совокупности с низкими (условия посола, созревания, выдержки, осадки) или высокими (пастеризация, стерилизация) температурами подавляет развитие гнилостных микроорганизмов.

Микроорганизмы имеют разную чувствительность к воздействию поваренной соли.

Галофобные микроорганизмы (*Pseudomonas*, *Salmonella*, *Escherichia coli* и др. микроорганизмы) негативно воспринимают наличие поваренной соли в среде своего обитания.

Галотolerантные микроорганизмы (спорообразующие бактерии и микроплактоны) способны размножаться в присутствии 6–8% поваренной соли. В первую очередь высокую устойчивость к поваренной соли имеют *Clostridium sporogenes*, *Clostridium botulinum*, мицелиальные грибы родов *Aspergillus* и *Penicillium*.

Галофильные микроорганизмы способны развиваться в присутствии высоких концентраций поваренной соли. Оптимум концентрации для их развития составляет от 15 до 20%, минимальная концентрация – не менее 13%.

К данной группе относятся *Micrococcus*.

Механизм antimикробного действия поваренной соли объясняется следующими факторами:

- введение поваренной соли повышает осмотическое давление и вызывает обезвоживание микробных клеток, что нарушает их обмен веществ;
- в присутствии воды поваренная соль диссоциирует на ионы натрия и хлора. Радиус иона хлора почти в 2 раза больше, чем у иона натрия в связи с чем (по Поллингу) у него больше адсорбционная способность. По этой причине ион хлора адсорбируется на поверхности микробной клетки и, обладая свойствами

восстановителя, посыпает в клетку свободные электроны (e<sup>-</sup>), усиливая окислительно-восстановительные процессы. В это время ионы натрия остаются в межфазном пространстве, интенсивно гидратируются и лишают клетку свободной воды;

- введение поваренной соли в пищевые системы снижает уровень активности воды и таким образом обеспечивает подавление развития микроорганизмов.

На практике используют несколько способов усиления antimикробного действия поваренной соли. В частности, применяют ее в совокупности с консервантами (пищевые кислоты и их соли) и сахарами. Минимальная концентрация сорбиновой кислоты, оказывающая действие на дрожжи и плесени в присутствии 4–6% поваренной соли, в 2–3 раза ниже, чем при ее отсутствии.

Antimикробное действие поваренной соли изменяется в зависимости от различных температурных параметров обработки. Например, при температуре 2–3 °C количество микроорганизмов в мясе без добавления поваренной соли на пятые сутки хранения составляет от  $8 \cdot 10^4$  до  $2 \cdot 10^6$  КОЕ/г, в соленом мясе остается постоянным на уровне  $8 \cdot 10^4$  КОЕ/г.

Весьма распространенным и эффективным способом подавления развития микроорганизмов является совокупное применение поваренной соли и пастеризации либо вакуумирования.

**Влияние поваренной соли на коллоидно-химическое состояние и технологические свойства мясных систем.** Современные мясные системы, в частности эмульгированные колбасы, содержат мышечные белки, белковые препараты, технологические ингредиенты и пищевые добавки.

Каждый из высокомолекулярных компонентов рецептуры обладает специфическими функционально-технологическими свойствами (растворимость, набухаемость, ВСС, гелеобразующая способность, ЖУС, эмульгирующая способность и т. д.), степень выраженности которых зависит в первую очередь от уровня pH, температуры, ионного состава среды.

В связи с вышеизложенным рассмотрим особенности влияния поваренной соли на функционально-технологические свойства отдельных ингредиентов мясных систем.

Главный компонент мясных систем – мышечные белки, и в первую очередь миозин.

**Миозин** – основной структурообразователь, водо- и солерасторимый белок, обладающий поверхностно-активными свойствами. Имеет изоэлектрическую точку в диапазоне pH 5,2–5,4, является кальций-зависимым.

В связи с особенностями его свойств при введении поваренной соли в мясные системы увеличивается набухание и растворимость миозина, возрастает его ВСС (и других миофибриллярных белков) за счет наличия на их поверхности электростатических центров и присоединения к ним ионов натрия и хлора, которые обеспечивают дополнительную ориентацию диполей воды (адсорбционная влага).

В присутствии поваренной соли имеет место повышение осмотического давления внутри клеток (в цельномышечных изделиях) и мицелл, что способствует присоединению воды (осмотическая вода), тормозится процесс расщепления АТФ, на 4–9 ч задерживается ассоциация актина и миозина, что в совокупности сохраняет высокую гидратацию белков на уровне, характерном для парного мяса. Поваренная соль интенсифицирует процесс межмолекулярного взаимодействия белков (гелеобразование), что приводит к повышению величины липкости и эффективной вязкости.

#### *Влияние поваренной соли на свойства соевых белковых препаратов.*

Соевые белковые препараты – гидроколлоиды, образующие дисперсные гели, обладающие высокой ВУС, ЖУС и эмульгирующей способностями.

Наряду с pH и температурой на степень выраженности функционально-технологических свойств соевых белковых препаратов существенное влияние оказывает ионный состав среды. Одновременное введение поваренной соли с соевыми белковыми препаратами в процессе куттерования существенно ухудшает ВСС, гелеобразующую способность и структурно-механические свойства последних.

Для соевых белковых препаратов нового поколения влияние поваренной соли менее выражено, однако даже в этом случае величина их ККГ снижается.

С учетом вышеизложенного соевые белковые препараты в технологической практике колбасного производства, как правило, рекомендуется вносить отдельно от поваренной соли.

По этим же причинам в процессе приготовления многокомпонентных рассолов, предназначенных для инъектирования цельномышечных и реструктурированных мясопродуктов, поваренная соль вносится после соевых белковых препаратов либо на заключительном этапе процесса приготовления рассолов.

Применительно к белковым препаратам животного происхождения (белки плазмы, молочно-белковые препараты, препараты из коллагенсодержащего сырья) имеются различные данные по оценке влияния поваренной соли на их функциональные свойства, что обу-

словлено спецификой состава и особенностями технологии производства препаратов.

Некоторые препараты (как правило, коллагенсодержащие) относительно хорошо сохраняют исходные ФТС в присутствии поваренной соли. Однако часть белковых препаратов (особенно на основе плазмы и молочно-белковые) негативно реагируют на наличие поваренной соли в среде гидратации. Высокомолекулярные соединения полисахаридной группы также в большинстве случаев изменяют свои функционально-технологические свойства под воздействием поваренной соли. В частности, в присутствии 2–3% поваренной соли величина ККГ нативных крахмалов практически всех видов повышается на 2–3%, одновременно растет и температура кристализации. Аналогично реагируют на введение поваренной соли и различные виды муки (пшеничная, рисовая, гороховая, соевая). Введение поваренной соли в воду, используемую для гидратации каррагинанов, приводит к увеличению величины ККГ, снижению температуры плавления готовых гелей, повышению степени выраженности синерезиса в каррагинановых гелях.

*Влияние вида поваренной соли на качество мясопродуктов.* Следует отметить, что в технологии мясопродуктов используют различные виды поваренной соли: каменную (экстра, высшего сорта, первого, второго), садочную, самосадочную и выварочную – высший, первый, второй сорта, а также вакуумную соль импортного производства, нитритную соль.

Данные, характеризующие общий химический состав, величину pH, а также микробиологическое состояние различных видов поваренной соли, представлены в табл. 11.1.

Из приведенных данных следует, что все виды поваренной соли, применяемые в технологической практике, существенно различаются между собой по общему химическому составу, и в частности по содержанию основного вещества (хлористого натрия), воды, водонерастворимых веществ, а также примесей в виде солей двухвалентных металлов.

Несмотря на то, что по большинству показателей коммерческие препараты поваренной соли существенно не отличаются от диапазонов, регламентируемых ГОСТом, отклонения в их составе могут иметь важное технологическое значение. Например, отклонения в содержании воды в хлористом натрии могут привести (при одинаковой закладке поваренной соли в рецептуру пищевого продукта) к изменениям степени выраженности солоноватости готового изделия.

### 11.1. Сравнительная оценка качественных характеристик различных видов поваренной соли

Вид, сорт поваренной соли	Массовая доля в составе поваренной соли, %				рН	КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	Плесени, КОЕ/г, не более
	NaCl	Вода	Водонерастворимые вещества	Соли Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> , Mn <sup>++</sup> , Cu <sup>++</sup> , Fe <sup>++</sup>			
Пищевая ГОСТ Р51574	95,0–99,7	0,2–5,0	≤ 0,85	≤ 0,5	—	< 1·10 <sup>3</sup>	—
Каменная (экст-ра/2 сорт)	92,0–99,7	0,25–0,4	0,03–5,0	0,03–0,9	6,2	10 <sup>2</sup> –10 <sup>4</sup>	~10
Садочная и выварочная (в/с –2 сорт)	93,0–99,3	3,2–6,0	0,2–0,9	0,1–0,7	6,5	10 <sup>2</sup> –3·10 <sup>3</sup> , в том числе в садочной соли галофилы — до 10 <sup>2</sup>	20–60
Вакуумная (Дания)	99,85	0,1–0,2	—	0,01–0,1	6,5	2·10 <sup>-1</sup>	< 10

Повышенное содержание воды автоматически приводит к снижению массовой доли хлористого натрия, что может отразиться на функционально-технологических свойствах миофибрillлярных солерасторимых белков и, как следствие, вызвать понижение ВСС, гелеобразующей и эмульгирующей способностей.

Водонерастворимые вещества (гипс) в основном присутствуют в каменной соли. В этом случае можно ожидать, что, вследствие наличия сульфатов производителю колбасных изделий придется столкнуться с появлением дефектов в виде зеленых пигментных пятен в готовой продукции, ощущением горьковатого привкуса, а также быстрой порчей готовых изделий вследствие интенсивного окисления липидов.

Превышение в поваренной соли доли примесей солей кальция, магния, марганца, железа, меди может оказывать влияние как на белковую, так и на жировую составляющую в мясных системах.

Избыток солей кальция и магния придает продукту горьковатый привкус, вызывает снижение ВСС, эмульгирующей, гелеобразующей способностей мышечных белков, снижает эффективность действия натриевых фосфатов за счет перевода их в нерастворимую

форму, приводит к упрочнению консистенции за счет образования кальциевых мостиков между белками, провоцирует появление морщинистости и белого налета на поверхности мясопродуктов.

Кроме того, ионы кальция и магния могут инициировать образование мыл в реакции со свободными жирными кислотами.

Ионы меди и железа в поваренной соли вызывают катализ процесса окисления жиров, а также появление пигментации в виде бурых и зеленоватых пятен.

Различные виды и сорта поваренной соли имеют рН (1% растворов) в диапазоне от 6,2 до 6,5.

Колебания значений рН, соответственно, будут оказывать влияние на функционально-технологические свойства белков, белоксодержащих препаратов, пищевых добавок и других ингредиентов.

Микробиологические показатели также являются принципиально важными: средний уровень контаминации поваренной соли микроорганизмами составляет  $1 \cdot 10^2$  –  $1 \cdot 10^4$  клеток в 1 г. При этом в некоторых видах поваренной соли (садочная, выварочная) количество галофильных микроорганизмов может достигать до  $10^2$  клеток на 1 г.

Особое внимание следует обратить на наличие плесеней в составе коммерческих препаратов поваренной соли. Отсутствие контроля микробиологического состояния используемой в технологической практике поваренной соли может привести к снижению устойчивости готовой продукции при последующем хранении.

## ЛЕКЦИЯ 12

### ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЬНОМЫШЕЧНЫХ И РЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ МЯСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Анализ состояния современного продовольственного рынка России показывает, что цельномышечные и реструктурированные мясные изделия занимают значительный сегмент в ассортименте продукции, вырабатываемой мясной отраслью.

Объем выработки и потребления мясопродуктов в РФ, в том числе деликатесной группы, в последнее время значительно вырос.

С учетом имеющейся тенденции в ориентации потребителя на натуральные здоровые продукты питания можно полагать, что в ближайшие годы спрос на деликатесную продукцию будет и дальше существенно возрастать, а ее ассортимент значительно расширится как за счет вовлечения в производство нетрадиционных видов основного сырья (куриное мясо, индейка, конина, мясо кенгуру и другие) и новых пищевых добавок (в первую очередь пищевых гидроколлоидов и консервантов), так и за счет принципиальных изменений в технологии цельномышечных и реструктурированных мясных продуктов.

Базовой операцией производства деликатесных мясопродуктов является посол, который в современных условиях, как правило, осуществляется путем совмещения инъектирования рассолов в сырье и последующей механической обработки (тандеризация, тумблирование, массирование).

Посол мясного сырья – одна из обязательных и определяющих операций технологического процесса производства цельномышечных мясопродуктов, в результате которой у изделий формируются необходимые технологические и потребительские свойства: вкус, аромат, нежность, цвет, выход готовой продукции.

Многогранность последствий посола является результатом совокупности последовательно и параллельно происходящих в мясном сырье процессов:

- проникновение, распределение и накапливание в мясе посолочных компонентов;
- изменение состояния белковых веществ;
- изменение форм связи влаги, ВСС и массы мяса;
- изменение микроструктуры исходного сырья;
- развитие химических и ферментативных процессов с образованием вкусоароматических веществ;
- изменение количественного содержания и качественного состава микроорганизмов;
- развитие реакций цветообразования.

Таким образом, посол мяса рассматривается не только как способ консервирования мясного сырья и готовой продукции, но и как один из приемов технологической обработки, позволяющий модифицировать свойства основного сырья для последующей выработки из него различных видов и групп мясопродуктов.

Посол – процесс диффузионно-осмотического, фильтрационного и механического накапливания в продукте посолочных веществ, от количества которых зависит степень изменения свойств мяса. Посол подразделяют на длительный (для соленых изделий) и кратковременный (для вареных колбасных изделий).

**Длительный посол** (от 3 до 25 сут) характеризуется:

- наличием внешней и внутренней обменной диффузии между продуктом и рассолом. Это явление сопровождается массообменом (вода–соль) в системе «рассол–продукт»;
- изменением морфологической структуры и структурно-механических свойств продуктов;
- изменением коллоидно-химического состояния белков и ВСС;
- протеканием биохимических (созревание) и микробиологических процессов, влияющих на формирование вкуса, запаха, цвета мяса.

**Обменная диффузия и фильтрационные явления при посоле, перераспределение соли и воды.** В момент контакта рассола с

поверхностью продукта между ними возникает обменная диффузия, которая приводит к перераспределению соли, воды и растворимых частей продукта между рассолом и продуктом.

Проникновение соли в ткань при мокром посоле и перераспределение между мясом и рассолом происходит двумя путями:

- через систему макро- и микрокапилляров;
- осмотически через мембранны и перепонки (фильтрация).

Происходящие диффузионные процессы могут быть описаны законом Фика:

$$\frac{dc}{d\tau} = D \frac{d^2 c}{dx^2},$$

где  $dc/d\tau$  – скорость процесса;  $dc/dx$  – градиент концентрации.

В эмпирическом виде это аналитическое выражение принимает следующий вид:

$$\tau = \frac{a \cdot h^2}{D \cdot \lg C_p / C_m}; \tau = \frac{k_1 + k_2 \cdot h^2}{b \cdot D \cdot \lg C_p / C_m},$$

где  $\tau$  – продолжительность посола;  $k_1$  – коэффициент пропорциональности изменения скорости диффузии при переходе из пограничного слоя;  $k_2$  – изменение скорости диффузии внутри продукта;  $h$  – путь диффузии, равный 1/2 толщины продукта;  $a$  – const (0,1);  $D$  – коэффициент диффузии, учитывающий морфологический и химический состав ткани (1–8);  $C_p$  – концентрация внешнего рассола;  $C_m$  – концентрация соли в продукте на глубине  $h$ ;  $b$  – const.

Проанализируем это уравнение. Движущей силой обменной диффузии между рассолом и мясом является разность концентраций соли. При мокром посоле мяса процессы перераспределения соли и воды складываются из трех одновременно протекающих фаз:

- перераспределение соли и воды в рассоле;
- перераспределение соли и воды между рассолом и продуктом;
- перераспределение соли и воды внутри продукта.

Таким образом, в гетерогенной системе «рассол–мясо» мы можем наблюдать внешнюю, граничную (диффузия в рассоле, прилегающем к границе раздела фаз) и внутреннюю диффузию.

**Внешняя диффузия.** Соль из рассола в продукт и внутри продукта переходит при всех условиях диффузионно-осмотическим путем. При этом концентрация соли вблизи поверхности значительно ниже средней для всего объема рассола, и образуется так называемый пограничный слой. При отсутствии конвекции соль из рассола в продукт переходит с небольшой скоростью (рис. 12.1).

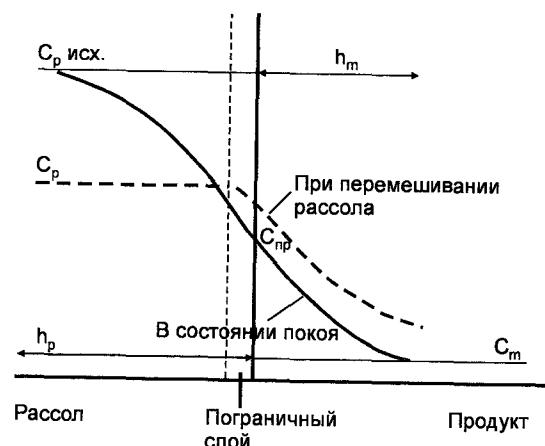


Рис. 12.1. Изменение концентрации поваренной соли в рассоле, пограничном слое и продукте

При внешнем воздействии (механическое перемешивание, барботирование, повышение температуры, подкрепление концентрации рассола) можно вызвать молекулярный перенос и выравнивание концентрации соли в рассоле до средней. В этом случае толщина пограничного слоя будет уменьшаться и скорость процесса посола возрастет. В состоянии покоя для системы «рассол–продукт» по существу весь слой рассола приобретает свойства пограничного слоя. При турбулентном перемешивании скорость посола возрастает в 1,1–1,5 раза.

Особенно эффективно действует ультразвуковое поле, которое:

- уменьшает пограничный слой;
- повышает температуру рассола;
- изменяет проницаемость волокон, разрывая связи между ними.

Таким образом, при внешней и пограничной диффузии идет накопление соли на поверхности продукта.

#### Внутренняя диффузия (от поверхности внутрь продукта).

Скорость движения частиц соли в толще продукта зависит от того, что:

- движущиеся частицы преодолевают множество полупроницаемых перегородок;
- движение частиц происходит в коллоидных системах, а не в чистой воде и тормозится силами молекулярного сцепления.

В соответствии с законом Фика скорость внутренней диффузии связана с граничной диффузией  $\lg(C_p/C_m)$ ; время посола ( $\tau$ ) зависит

от пути проникновения соли ( $h$ ). Но если продукт гомогенный, то  $h$  равно  $H/2$  (т. е. полутолщине продукта, так как процесс посола осуществляется с обеих сторон), но мясо, как правило, негомогенно и имеет эпидермис, дерму, подкожную клетчатку.

При посоле окороков с кожей, непроницаемой для соли,  $h$  будет равна  $H$  (полной толщине продукта), так как процесс диффузии будет идти с одной стороны.

Для мясопродуктов, имеющих разные слои, отличающиеся по проницаемости ( $H \geq h \geq H/2$ ), диффузия соли, как правило, идет со стороны более проницаемых тканей (рис. 12.2).

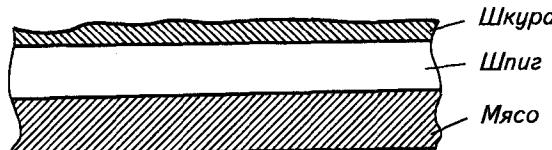


Рис. 12.2. Строение свинины

Проницаемость тканей зависит от их толщины ( $H, h$ ), а также характеризуется коэффициентом диффузии ( $D$ ). Величина  $D$  зависит от морфологического и химического состава ткани и составляет: для свиной мышечной ткани (в/с, охлажденной) – 8; дермы свиной шкуры – 3; свиного хребтового шпика – 1.

На величину  $D$  влияет содержание воды, пористость, направление волокон (диффузия вдоль волокон идет в 1,5 раза быстрее, чем поперек), условия холодильной обработки мяса (проницаемость размороженного мяса выше, чем охлажденного, в 1,5 раза).

Коэффициент диффузии меняется в зависимости от температуры, искусственного изменения микроструктуры мяса путем:

- ультразвуковой обработки мяса;
- тендеризации, или прокалывания мяса и шпика, или массирования кусков.

Метод «горячего» посола ( $t_{рассола} = 50^{\circ}\text{C}$ ) ускоряет диффузионные процессы, сокращая их с 12–15 сут до 9–18 ч. Посол свиных окороков при  $16\text{--}18^{\circ}\text{C}$  происходит в 1,5–2 раза быстрее, чем при  $2\text{--}4^{\circ}\text{C}$ . Это обусловлено термодиффузией, при которой наблюдается суммарное действие разности концентраций соли и разности температур. В последнем случае наблюдается перемещение диффундирующих веществ в направлении теплового потока. Эти процессы складываются, и процесс посола ускоряется.

Ускорить посол можно, используя метод шприцевания рассола в мясо (через кровеносную систему или в виде уколов в мышечную ткань), а также безыгольный струйный метод.

При безыгольном струйном методе роль иглы выполняет сам рассол, нагнетаемый под давлением  $P = 100\text{--}300$  атм в виде струи  $d = 0,1$  мм. В этом случае струя подобна твердому телу.

При шприцевании мяса внутри продукта образуются начальные зоны накопления рассола на относительно небольших расстояниях друг от друга, и общее время диффузии сокращается.

#### Перераспределение соли и воды.

В зависимости от концентрации рассола и продолжительности процесса может происходить как обезвоживание, так и оводнение мяса.

В начале процесса посола всегда происходит обезвоживание продукта, вызываемое более высоким осмотическим давлением рассола в сравнении с осмотическим давлением тканевой жидкости. После 8–10 сут посола начинается процесс оводнения (длящийся в течение всего последующего времени посола), обусловленный нарастанием в мясе концентрации соли.

В начальном периоде посола интенсивность перехода воды из продукта в рассол превышает интенсивность перехода соли из рассола в продукт. В связи с этим при повышенной концентрации рассола в начале посола масса продукта уменьшается.

При использовании слабых рассолов (плотность  $1100 \text{ кг}/\text{м}^3$ ), вследствие относительно небольшой степени обезвоживания в начальном периоде масса продукта увеличивается почти с самого начала посола.

Практически одновременно с перераспределением воды между рассолом и продуктом начинается перераспределение воды между системой капилляров и межклеточным пространством, с одной стороны, и морфологическими структурными элементами (клетками, волокнами) – с другой.

Количество воды, удерживаемое соленым мясом, зависит от его ВСС, которая, помимо прочих причин, связана в данном случае и с концентрацией рассола.

При посоле мясопродуктов сухой солью за счет воды в продукте на его поверхности образуется насыщенный рассол. С этого момента между продуктом и рассолом возникает обменная диффузия, как и при мокром посоле.

Вследствие высокой концентрации соли в образовавшемся рассоле и стекания части его продукт обезвоживается. Изменение содержания воды в мясе при мокром посоле в рассоле разной концентрации показано на графике (рис. 12.3).

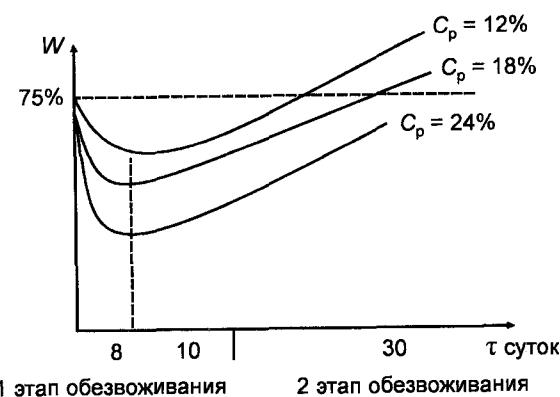


Рис. 12.3. Изменение содержания воды в мясе при посоле в рассолах разной концентрации

Наряду с перераспределением воды между мясом и рассолом идут процессы перераспределения воды между структурными элементами тканей (клетки сначала обезвоживаются, а затем набухают), при этом во время посола возрастает доля прочносвязанной воды и уменьшается количество слабосвязанной воды.

Так как количество адсорбционно-связанной воды зависит от количества гидрофильных центров (т. е. от степени растворимости белка), слабые растворы соли повышают растворимость белков, и ВСС повышается.

Концентрированные рассолы снижают растворимость белков, и ВСС падает.

Количество осмотически связанной воды зависит от количества растворенных веществ. Рассол имеет высокое осмотическое давление, продукт – низкое. По этой причине на первом этапе посола идет обезвоживание мяса. Но в процессе посола осмотическое давление тканевой жидкости изменяется: в ней накапливаются низкомолекулярные вещества, и осмотическое давление тканевой жидкости растет – идет оводнение.

Количество слабосвязанной воды (пор и капилляров) при посоле также изменяется. На первом этапе посола происходит сжатие морфологических элементов и падение ВСС, а затем – набухание.

Количество капиллярной воды иногда увеличивают искусственно, пропуская мясо через вальцы, т. е. подвергая его тендеризации и массированию или разрыхляя поверхность, увеличивая таким образом силы поверхностного натяжения.

### Изменение и перераспределение составных частей продукта.

На первом этапе посола в рассол при обезвоживании сырья вместе с водой переходят белковые, экстрактивные и минеральные вещества, способные растворяться в рассоле. Кроме того, часто белок теряется и вследствие гидролиза. Количество потерь этих веществ зависит от концентрации и количества рассола, длительности посола, температуры и т. п. В частности, потери белков (альбуминов и глобулинов) резко возрастают при концентрациях рассола выше 10–12%.

Однако основная доля потери белка связана с переходом в рассол белков, заполняющих кровеносную систему, и белков разрушенных клеток. Следует отметить, что чем выше категория упитанности мяса, тем меньше потери азотистых веществ. Белки эластин и коллаген в рассол не переходят.

Кроме того, теряются:

- витамины: фолиевая кислота – 35%, В – 15–20%;
- экстрактивные вещества: креатин уменьшается в 10–20 раз.

### Изменение вкуса и аромата.

Изменение вкуса и аромата мяса связано с развитием биохимических реакций и микробиологических процессов в результате накопления в нем посолочных веществ (поваренной соли, нитрита натрия, сахара, аскорбинатов, фосфатов и т. п.). При формировании вкуса и аромата изменение белков и жиров имеет положительное значение: соленый продукт приобретает более мягкую консистенцию, специфический запах и вкус «ветчинности», особенно на 14–21 сутки посола.

В ходе посола белки подвергаются протеолизу, в результате чего накапливаются дипептиды, глутаминовая кислота, пептиды, жирные кислоты, диацетил, ацетоин, однако процесс идет медленно вследствие тормозящего действия соли.

Нитрит натрия также участвует в формировании аромата и вкуса, но механизм этого процесса выяснен не полностью.

Улучшение вкуса происходит и при последующей тепловой обработке соленого мяса: белки дезаминируются, декарбоксилируются, переаминируются, в результате чего образуются свободные аминокислоты и побочные вещества. При этом белки могут участвовать в реакции меланоидинообразования (реакция Майяра) между свободными аминокислотами и сахарами, в результате чего цвет и запах изменяются. Одновременно при дезаминировании образуются летучие жирные кислоты.

Добавление протеолитических ферментов (трипсина, фицина) к шприцовочному рассолу в количестве 0,01% к массе сырья увеличивает нежность мяса (по сопротивлению резанию – на 15–20%), набу-

хаемость коллагена (на 3–6%), при этом в мясе возрастает количество глютаминовой кислоты, цистина и цистеина (20–30 мг%). Возрастает количество свободных аминокислот, но при общем росте содержания большинства аминокислот количество некоторых (аргинина, лизина, аспаргиновой кислоты, серина) почти не изменяется или даже уменьшается.

В процессе посола соотношение между группами свободных аминокислот (диаминокислоты, дикарбоновые и нейтральные) меняется в направлении накапливания диаминокислот, кислых и нейтральных аминокислот и составляет 5 : 2 : 3.

Улучшение качества ветчинных изделий и интенсификация их производства могут быть достигнуты за счет:

- использования сырья непосредственно после убоя (парного);
- применения препаратов протеолитических ферментов;
- использования многоигольчатого шприцевания;
- повышения температуры мяса и рассола и т. д.

#### **Изменение структурно-механических свойств.**

В начале посола мышечные волокна сжимаются, а к его концу расслабляются. Одновременно в процессе посола наблюдается разрушение и слияние в аморфную массу белков миофибрилл.

Степень размягчения структуры зависит от концентрации рассола и продолжительности посола, от вида посола (сухой или мокрый), времени созревания мяса и его состояния. Рационально использовать для посола парное мясо: в этом случае процесс окоченения имеет место, но выражен слабо и продолжается более короткое время.

При посоле изменяются прочностные (напряжение среза), деформационные свойства и липкость: после выдержки в рассолах средней концентрации мясо приобретает упругость и пластичность. В рассолах высокой концентрации и при сухом посоле мясо уплотняется, причем в нем появляются более прочные связи, которые препятствуют развитию пластичности.

При производстве формованных ветчинных изделий большое значение имеет величина липкости поверхности. В процессе выдержки мяса в посоле солерастворимые белки «выходят» на поверхность, и липкость возрастает.

Применяемые в последние годы способы механической обработки (массирование, тендеризация) мяса увеличивают шероховатость продукта и способствует выходу на его поверхность солерасторимых белков. Кроме того, при формировании монолитности кусков соленого мяса могут быть использованы: кровяная сыворотка,

ка, плазма, альбумин, поливиниловый спирт (ПВС), фосфаты и другие добавки, увеличивающие связность кусков.

**Особенности обменной диффузии в живых клетках. Консервирующее действие поваренной соли.**

Живые микробные клетки при посоле подвергаются действию повышенного осмотического давления. Между клетками и средой сохраняется более или менее значительная разница осмотических давлений, величина которой зависит от интенсивности обмена веществ в клетке.

Клетки, не способные к интенсивному обмену веществ в условиях повышенного осмотического давления, не способны также и к поддержанию большой разности осмотических давлений между протоплазмой и средой. Они погибают вследствие резкого повышения осмотического давления в протоплазме.

Вторая особенность поведения живых биологических систем в растворах электролитов заключается в избирательном характере диффузии ионов в клетку. Поэтому микроорганизмы в рассолах либо гибнут, либо приспособливаются к новым условиям.

При концентрации соли 10–15% гибнут практически все гнилостные микроорганизмы, но концентрации менее 5% способствуют развитию некоторых из них. Многие микробы адаптируются к соли, поэтому со временем общее количество микроорганизмов увеличивается как в продуктах, так и в рассоле, причем на это влияет и увеличение содержания белковых веществ, и уменьшение количества поваренной соли в рассоле вследствие обменной диффузии.

Устойчивость микробов к соли уменьшается при снижении величины рН. Таким образом, поваренная соль, хотя и не обладает бактерицидным действием, но:

- подавляет развитие некоторых микроорганизмов за счет высокого осмотического давления в растворе, которое вызывает большее или меньшее обезвоживание клеток, изменение их размеров, формы и нарушение водного обмена;
- оказывает влияние на ферментативную деятельность бактерий;
- способствует развитию микробов-антагонистов, уничтожающих гнилостные бактерии.

#### **Роль микроорганизмов.**

Микроорганизмы и их развитие при посоле могут либо улучшить вкус и аромат продукта, либо вызвать его порчу. Чтобы подавить деятельность нежелательных микроорганизмов и стимулировать развитие желательных, в рассолы вводят бактериальные закваски, содержащие молочнокислые микроорганизмы (*Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus lactis*).

Молочнокислые микроорганизмы:

- являются антагонистами гнилостных;
- снижают величину pH среды;
- улучшают аромат и вкус мясопродуктов;
- ускоряют реакции цветообразования.

Бактериальные закваски вводят при производстве сырокопченых колбас и при посоле соленых продуктов.

Микроорганизмы способствуют развитию протеолиза, накоплению карбоновых соединений и летучих жирных кислот (ЛЖК).

#### Кратковременный посол.

Этот вид посола фарша применяют при выработке колбасных изделий с целью:

- придания вкуса и цвета;
- увеличения ВСС, липкости и пластичности, от которых зависит сочность, консистенция и выход колбасных изделий.

В зависимости от вида колбасных изделий меняется степень измельчения мяса, количество вводимой поваренной соли и нитрита натрия (табл. 12.1).

#### 12.1. Зависимость продолжительности посола от степени измельчения мяса

Вид колбас	Степень измельчения, мм	Кол-во соли, %	Кол-во нитрита натрия, мг %	Время посола, ч	Примечание
Вареные	16–25	2,0–2,5	5	24	Сухая соль, $t = 0\text{--}4^{\circ}\text{C}$
Сосиски	2–3	2,0–2,5	5	6–12	Сухая соль, $t = 0\text{--}4^{\circ}\text{C}$
Сардельки	2–3	2,0–2,5	5	6	Рассол, $t = 4\text{--}8^{\circ}\text{C}$
Полукопченые	16–25	3,0–3,5	5	24–48	$t = 4\text{--}6^{\circ}\text{C}$
Сырокопченые	400	3,0–3,5	10	5–7 сут	Сухая соль, $t = 4\text{--}6^{\circ}\text{C}$

Измельчение производят на волчках с целью ускорения диффузионных процессов посола и созревания мяса. Кроме того, измельчение частично разрушает мышечные волокна, и водосолерасторвимые белки переходят в дисперсионную среду.

Изменение ВСС и липкости фарша зависит от состояния мышечных белков актомиозинового комплекса, причем наличие 2–2,5% поваренной соли способствует оптимальной растворимости белка.

При выдержке мяса в посоле белки поглощают поваренную соль, величина pH сдвигается в сторону от изоэлектрической точки, ВСС растет, повышается доля растворенного белка в дисперсионной среде. Ионы соли, связываясь с актином и миозином, мешают их взаимодействию, увеличивая ВСС. По этой же причине поваренная соль задерживает наступление посмертного окоченения. В связи с этим рекомендуют при выработке вареных колбас солить мясо в парном состоянии (не позднее – 2 ч после убоя животного), добавляя сухую соль сразу в куттер. Используя данный принцип, к охлажденному мясу можно добавлять 20–30% парного мяса уже при составлении фарша.

С точки зрения организации технологического процесса посол колбасного фарша состоит из двух этапов:

I этап. Равномерное распределение посолочных ингредиентов в мясе. Производят измельчение мяса и перемешивание (2–3 мин) с солью. Технически это осуществляют на посолочных агрегатах, состоящих из волчка, дозаторов соли и нитрита натрия, смесителя-мешалки.

II этап. Выдержка мяса в посоле с целью проникновения посолочных веществ внутрь мышечных волокон и приобретения фаршем липкости, ВСС.

Временные параметры выдержки приведены в табл. 12.1.

С целью сокращения продолжительности выдержки мяса в посоле рекомендуют:

- увеличивать степень измельчения мясного сырья;
- использовать рассолы вместо сухой соли;
- повышать температуру при проведении посола.

Однако необходимо иметь в виду, что по мере увеличения степени измельчения мяса количество микроорганизмов в нем растет, а повышение температуры выше 12–14 °C может привести к закисанию фарша.

Весьма эффективным способом, позволяющим сократить продолжительность посола, является вариант совмещения этого процесса с другими технологическими операциями. В частности, при производстве эмульгированных мясопродуктов из рассортированного блочного сырья блоки без предварительного размораживания подвергают последовательному измельчению на блокорезке (строгальной машине) и волчке (гриндере), после чего полученный фарш с температурой –6...–8 °C поступает непосредственно в куттер для приготовления эмульсии. Поваренную соль и нитрит натрия добавляют на первой фазе куттерования.

В ряде случаев при изготовлении полукопченых, варено-копченых и сырокопченых колбас мясо и шпик подмораживают до температуры  $-2^{\circ}\text{C}$  в центре куска и затем, куттеря мясо, добавляют поваренную соль и все ингредиенты в куттер. Готовый фарш под вакуумом нагнетают в колбасную оболочку. При этом посол происходит в процессе осадки, подсушки, копчения, и продолжительность технологического процесса производства колбас существенно сокращается.

Как уже отмечалось, исходя из классических представлений, в мясной промышленности используют *сухой, мокрый и смешанный посолы*.

При *сухом* поsole мясное сырье натирают поваренной солью или сухой посолочной смесью (поваренная соль, нитрит натрия), укладывают в штабеля, пересыпая каждый ряд посолочными ингредиентами. Общий расход поваренной соли при этом составляет от 8 до 15% к массе сырья, продолжительность выдержки – от 7 до 30 сут. В процессе посола поваренная соль гидратируется за счет воды, содержащейся в сырье, образуя концентрированный рассол и увеличивая разницу осмотических давлений на поверхности и внутри готового продукта. Образовавшийся рассол частично диффундирует внутрь продукта, а часть его стекает, в результате чего мясное сырье обезвоживается.

В современных условиях сухой посол применяется весьма ограниченно.

Основные недостатки сухого посола состоят в том, что продукт получается соленым и жестким, распределение соли в продукте неравномерное, выход продукции низкий.

Основное преимущество сухого посола – достаточно высокая продолжительность хранения готовой продукции.

*Посол мясопродуктов в рассоле (мокрый посол)* позволяет получать готовую продукцию с более равномерным распределением соли.

Суть посола – заливка мясного сырья рассолом и выдержка в нем в течение 3–5 сут.

Недостатком этого способа является то, что по окончании технологического процесса готовое изделие имеет повышенную влажность и не всегда пригодно для длительного хранения.

Разновидностью мокрого посола в современной технологии является посол мясного сырья в мешалках либо массажерах, при этом к мясному сырью добавляют сухую посолочную смесь, втирают ее в сырье, после чего в емкость вносят воду, поглощаемую впоследствии мясом и посолочными компонентами.

При данном способе посола величина выхода может составлять 110–140%. Однако этот способ в основном применим для кускового сырья толщиной не более 25 мм (мяса птицы, для крыльышек птицы и т. д.).

Следует иметь в виду, что количество введенного в мясо идержанного рассола зависит от многих факторов, но главным образом от вида сырья: чем выше содержание жира, тем меньше рассола поглощает сырье. Для ускорения процесса проникновения и распределения посолочных компонентов в сырье, рассол вводят в толщу продукта путем инъекции (шприцевания).

*Смешанный посол* – сочетание мокрого и сухого способов. Мясное сырье инъектируют рассолом, натирают посолочной смесью, выдерживают в штабелях и затем заливают рассолом (30–60% к массе сырья).

Анализ различных методов посола показывает, что проникновение соли в мясное сырье в основном происходит двумя путями:

- осмотический – через мембранные перегородки, покрывающие внешнюю поверхность мышечных волокон и тканей (осмос);
- по системе макро- и микрокапилляров с последующим перераспределением поваренной соли и воды между этой системой и клеточными элементами (диффузия).

При этом проникновение поваренной соли вторым путем происходит значительно быстрее, так как структура капилляров и их размер ( $d = 10^{-7} - 10^{-6}$  м), превышающий размер частиц рассола, способствует более свободному проникновению через них всех компонентов.

Таким образом, при традиционных методах посола (сухом и мокром) процесс перемещения посолочных веществ в гетерогенной системе «рассол–продукт» можно считать диффузионным, так как он осуществляется без механического воздействия.

В большинстве современных технологий производства цельномышечных и реструктурированных мясопродуктов предусмотрено введение рассолов путем инъекции (шприцевания) с последующей механической обработкой сырья, или выдержкой мяса в рассоле либо вне его. В этом случае процесс посола имеет диффузионно-осмотическую природу, и его ускорение достигается применением совокупности различных физико-химических методов.

Основная цель инъекции – сокращение пути проникновения посолочных веществ в ткань и обеспечение его равномерного распределения внутри сырья.

Различают два способа введения рассолов в мясное сырье: через кровеносную систему и уколами в мышечную ткань.

**Посол через кровеносную систему** является достаточно эффективным при обработке мясокостного сырья (в первую очередь парного и охлажденного), используемого в виде отдельных отрубов. При этом введение рассолов осуществляется через бедренную артерию в окороке и плечевую артерию в лопатке по специальным схемам с помощью полых игл. Рассол вводят под давлением  $(2-3) \cdot 10^5$  Па в количестве до 16% к массе сырья.

Данный метод не получил массового распространения в отрасли поскольку он трудоемок, не может быть автоматизирован, и используемое сырье должно иметь гарантированную степень обескровливания и сохранности капиллярных сосудов.

Кроме того, данный метод посола чрезмерно продолжителен: требуется 12–15 сут для распределения рассола и созревания сырья.

**Инъектирование (шприцевание)** в мышечную ткань производят с помощью пустотелых перфорированных игл длиной 150–160 мм (внутренний диаметр 1,5 мм, наружный – 3 мм); отверстия для выхода рассола (диаметром 1 мм) располагаются на равном расстоянии друг от друга по спирали иглы либо диаметрально.

Введение рассола в отруба осуществляют по специальным схемам; в бескостное сырье рассол шприцают с шагом введения игл 10–30 мм.

Инъектирование рассолов в мясо сырье производится как одногольными ручными инъекторами, так и на автоматизированных многоигольчатых шприцах, в головке которых может находиться до 200 игл.

Многоигольчатое инъектирование рассолов на специальных установках позволяет получать равномерное распределение посолочных веществ в сырье, увеличить количество вводимого рассола, контролировать его количество и в сочетании с массированием и тумблерованием удержать весь рассол в сырье.

Сущность процесса инъектирования рассола в мышечную ткань можно представить следующим образом. Нагнетаемый под давлением через отверстие иглы рассол образует область первичного его накопления в межволоконном (межклеточном) пространстве мяса (рис. 12.4).

После выхода иглы из мышечной ткани часть рассола вытекает из мясного сырья по образовавшемуся каналу; другая часть формирует рассольную зону, из которой в последующем рассол должен распределиться в межволоконном пространстве, проникнуть внутрь мышечного волокна для снижения разницы осмотических давлений на границе раздела систем, обеспечения воздействия компонентов рассола (фосфатов и поваренной соли) на состояние мышечных миофibrillлярных белков. Процесс распределения рассола, как пра-

вило, обусловливается последующей длительной выдержкой сырья либо использованием механических способов обработки, таких как массирование и тумблерование.

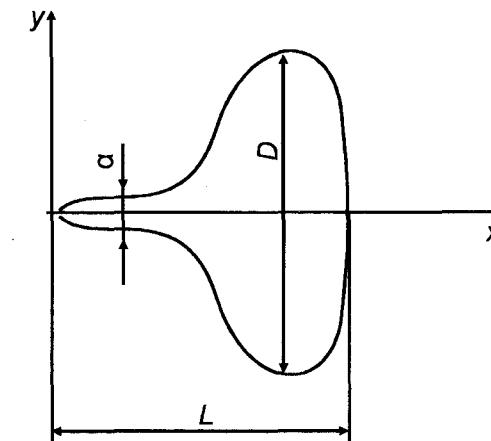


Рис. 12.4. Модель области первоначального распределения веществ, инъецируемых в мышечную ткань:

D – наибольший диаметр области; L – наибольшая длина области;  $\alpha$  – характеристика формы области

Вышеописанный эффект характерен для инъекторов, работающих на уровне давлений вытеснения рассола в пределах  $1,2 \cdot 10^5$  Па. Данного типа установки наиболее характерны для отечественной промышленности. Однако на ряде передовых зарубежных и отечественных предприятий в течение последних 10–15 лет нашли применение инъекторы, работающие на повышенных давлениях вытеснения рассола  $(8-12) \cdot 10^5$  Па.

Данный метод получил название **спрей-инъектирование** (рис. IX). В этом случае за счет малых диаметров отверстий (0,3–0,6 мм) для выхода рассола из иглы и повышенного давления вытеснения рассол попадает в мясную систему в капельно-жидким состоянии, что обеспечивает не только более высокий уровень введения его в сырье, но и равномерное распределение по объему, проникновение внутрь мышечных волокон через мембранны и клеточные структуры.

Применение спрей-инъекторов позволяет за счет пульверизационного эффекта существенно ускорить процессы созревания, улучшить органолептические и технологические показатели готовой продукции.

Принципиальные различия в механизме инъецирования рассолов при стандартных и распылительных условиях инъецирования представлены на рис. IX.

Применение спрей-инъекторов в сочетании с эффективным массированием позволяет получать готовую продукцию с выходом в пределах 180–210%.

Естественно, что конечный технологический результат, получаемый вследствие инъецирования и механической обработки, во многом зависит от состава и физико-химических свойств рассолов, используемых при шприцевании мясного сырья.

#### **Систематизация рассолов, используемых в технологии цельномышечных и реструктурированных мясных изделий.**

Применительно к наиболее распространенным в современных условиях группам вареных и варено-копченых цельномышечных и реструктурированных мясопродуктов, выход которых составляет от 85 до 210%, рассолы, используемые для инъецирования сырья, условно подразделяют на несколько типов.

**Простые рассолы** – в их состав входят традиционные посолочные вещества – поваренная соль, нитрит натрия, сахар. Норма введения – 20–30% к массе исходного сырья. Это истинные растворы с высокой кинетической и термодинамической устойчивостью. Их использование обеспечивает получение выхода готовой продукции в пределах 75–100%.

**Сложные рассолы**, в состав которых наряду с посолочными компонентами входят пищевые фосфаты и белковые препараты.

Эти рассолы вследствие наличия нерастворимых белковых препаратов являются суспензиями. Норма их введения в мясо сырье составляет 35–60%.

**Многокомпонентные рассолы** представляют собой сложные дисперсные системы (истинный раствор + суспензия + гель), в состав которых наряду с водорастворимыми веществами (посолочные, вкусоароматические вещества, фосфаты, красители и т. д.) входят высокомолекулярные соединения (белковые препараты, крахмалы, пищевые гидроколлоиды). Они крайне неустойчивы в кинетическом отношении, что обусловлено высокой молекулярной массой базовых функциональных ингредиентов, их склонностью к седиментации и проявлением ими при набухании в составе рассолов конкурентных свойств.

При этом данный тип рассолов является наиболее распространенным в практике, так как обеспечивает наиболее существенное увеличение выхода готовой продукции (до 210%).

В современных технологиях имеются композиции для инъецирования, приготовленные на основе простых и многокомпонентных рассолов, в которые дополнительно вводят 10–30% измельченной колбасной эмульсии (мясного фарша).

Подобные рассольные системы, получившие название «мясо в мясе», позволяют не только обеспечить введение в сырье до 60% эмульгированных рассолов без существенных изменений структуры, вкуса и цвета готовой продукции, но и увеличить долю полноценного мясного белка.

В практике производства мясопродуктов имеются также варианты, в соответствии с которыми в состав рассольных композиций довольно часто вводят весьма «экзотические» ингредиенты, такие как красное вино, экстракты пряностей, водно-спиртовые настои различных трав, бальзамы и т. д.

Однако, как уже отмечалось, наиболее распространенными и перспективными являются многокомпонентные рассолы, содержащие кроме посолочных веществ и фосфатов соевые белковые препараты, каррагинаны и нативные крахмалы. Сложившееся предпочтительное отношение к этим высокомолекулярным веществам в первую очередь обусловлено их гарантированной биологической безопасностью, относительной простотой технологического использования, высокими функционально-технологическими свойствами, рыночной и экономической доступностью.

Следует отметить, что процесс выбора видов и количеств высокомолекулярных ингредиентов для рассольных систем является весьма ответственным моментом, так как может привести к появлению негативных последствий:

- неконтролируемый рост вязкости получаемых многокомпонентных рассолов, вызывающий забивание отверстий в иглах набухшими высокомолекулярными ингредиентами, что приводит к необходимости использования повышенных давлений при вытеснении рассолов;
- замедление диффузионально-осмотического и фильтрационного распределения рассолов в мясо сырье.

#### **Особенности свойств и поведения отдельных ингредиентов рассольных композиций.**

В состав многокомпонентных рассольных композиций может входить до 20 ингредиентов, различающихся как по происхождению, так и по физико-химическим свойствам.

Большая часть низкомолекулярных ингредиентов рассолов хорошо растворима в воде и даже при достаточно высоких их концентрациях не приводит к значительным изменениям вязкости и плотности рассолов.

Вторая составная часть рассолов — это высокомолекулярные компоненты, способные к набуханию либо частичному растворению. Каждое из высокомолекулярных веществ обладает индивидуальной молекулярной массой, радиусом, структурой молекулы, которые безусловно будут оказывать непосредственное влияние как на вязкость получаемой системы, так и на уровень кинетической и термодинамической устойчивости. При этом степень проявления высокомолекулярными веществами основных функционально-технологических свойств во многом зависит от условий среды (величины pH, ионного состава, температуры), уровня термодинамической совместимости различных ингредиентов (синергизм, конкурентные отношения). В результате рассол превращается в сложную гетерогенную дисперсную систему с варьируемыми значениями вязкости и уровнем кинетической устойчивости, что, в свою очередь, оказывает влияние как на срок хранения приготовленного рассола (степень седиментации) и величину требуемого давления инъектирования, так и на характер перераспределения и удерживания рассола в мясе, на основные качественные характеристики и величину выхода готовой продукции.

Исходя из вышеизложенного, к ингредиентам, используемым при приготовлении рассолов, предъявляется ряд специфических требований.

**Вода** является реагентом-растворителем, дисперсионно-реакционной средой, в которой протекают коллоидно-химические процессы.

В связи с варированием солевого состава (жесткость воды от 2 до 7 г-экв/л) и уровнем величины pH (от 6 до 9), вода может оказывать существенное влияние на состояние и функционально-технологические свойства высокомолекулярных веществ, вызывая изменения уровня их растворимости и вязкости.

**Поваренная соль.** Хорошо растворима в воде, образует истинный раствор. Присутствие поваренной соли влияет на величину осмотического давления и уровень растворимости некоторых высокомолекулярных соединений. Однако в связи с наличием в поваренной соли примесей в виде водонерастворимых веществ, а также солей кальция и магния она может оказывать негативное воздействие на процессы набухания и гелеобразования гидроколлоидов.

**Нитрит натрия** — водорастворимая соль, вводимая в состав рассола; принципиального влияния на остальные ингредиенты рассолов не оказывает.

**Сахара** — сахароза, лактоза, декстроза, мальтоза, глюкоза и др.

Основной вид сахаров, используемых при производстве мясопродуктов, — сахароза (водорастворимый дисахарид). Наличие сахарозы в составе рассола может вызывать снижение набухаемости белков и белковых препаратов растительного происхождения. Одновременно сахароза снижает степень комкуемости каррагинанов. При высоких концентрациях (более 10–15%) увеличивает вязкость растворов.

**Пищевые фосфаты.** Ассортимент пищевых фосфатов весьма разнообразен, однако применительно к многокомпонентным рассолам наиболее эффективны фосфаты, имеющие хорошую растворимость, не выпадающие в осадок в присутствии поваренной соли, обладающие высокой буферной емкостью, характеризующиеся отсутствием примесей.

Примером таких фосфатов могут служить комплексные молекулярные смеси, известные под торговой маркой «Карнал» (Карнал 346, 822, 2110, 659 S) — фосфаты, предназначенные специально для инъекций.

В наибольшей степени приемлемы для приготовления рассолов фосфаты длинноцепочечные (полифосфаты), а также смесевые.

**Каррагинаны.**  $\kappa$ -Каррагинаны — высокомолекулярные структурообразователи, растворяются в холодной воде, некоторые частично набухают, могут оказывать весьма существенное влияние на величину вязкости среды (высокоочищенные каррагинаны GHG, HGE-I, CK 207, WG-3).

$\kappa$ -Каррагинаны калийзависимы, в связи с чем в наибольшей степени проявляют свои функционально-технологические свойства в мягкой воде и при повышенных значениях pH. Для снижения вероятности комкуемости каррагинанов рекомендуется при приготовлении рассолов вводить их в систему вместе с сахарами.

**Соевые белковые препараты.** С учетом специфики технологического процесса производства деликатесных мясопродуктов к соевым белковым препаратам, предназначенным для приготовления многокомпонентных рассолов, предъявляется ряд дополнительных требований:

- малый размер частиц (во избежание быстрой седиментации и пыления при использовании);
- высокая диспергируемость и смачиваемость;

- низкая растворимость и вязкость при набухании и гелеобразовании;
- солеустойчивость и низкая пенообразующая способность.

**Белковые препараты животного происхождения** – сухой яичный альбумин, лактоальбумин (Промикс 8617), сухое цельное или обезжиренное молоко, концентраты соединительнотканых белков, получаемые из коллагенсодержащего сырья.

Препараты данной группы легко растворимы в воде при определенных значениях pH (6,8–7,2), обладают выраженной набухаемостью и гелеобразующей способностью, вследствие чего существенно увеличивают вязкость многокомпонентных рассолов.

**Нативные крахмалы** представляют собой природные полисахариды, состоящие из амилопектина и амилозы; ограниченно набухают в холодной воде.

На степень набухания и вязкости крахмальных растворов оказывает влияние величина pH, наличие соли и сахара в среде гидратации. Крахмалы вступают в конкурентные отношения с высокомолекулярными соединениями, такими как желатин, карбоксиметилцеллюзоза, мышечные белки.

**Пищевые красители** (ферментированный рис, кармин, карамель), **консерванты** (цитраты, лактаты, сорбаты, ацетаты), **усилители вкуса** (глутаминат натрия, глутаминовая кислота), **вкусоароматические добавки** (натуральные пряности, экстракты коптильного дыма, мясные ароматы), используемые в составе рассолов в микродозах (0,005–0,2%), как правило, являются водорастворимыми и не оказывают существенного влияния на вязкость и устойчивость рассольных систем.

Обобщенные данные отечественных и зарубежных технологических регламентов показывают, что доля сухих веществ в многокомпонентных рассолах может составлять от 15 до 35%, в связи с чем рассол превращается в сложную гетерогенную дисперсную систему с варьируемыми значениями вязкости и уровнями кинетической устойчивости.

#### Диапазоны содержания ингредиента в составе рассолов (в %):

пищевые фосфаты	0,6–2,0
каррагинаны	0,7–3,2
соевые изоляты (СПБ)	3,0–7,0
сахар (глюкоза)	1,5–6,0
нитрит натрия	4,0–8,0
крахмалы	2,0–12,0

сухое молоко	1,0–2,5
глутаминат натрия	0,5–1,2
консерванты	1,2–3,2
колоранты (красители)	0,3–0,5
ароматизаторы	0,4–0,5

#### Многокомпонентные рассолы как дисперсные системы.

Многокомпонентные рассолы, используемые при производстве цельномышечных и реструктурированных продуктов, можно классифицировать как сложные гетерогенные дисперсные системы, состоящие из дисперсионной среды – истинного раствора, содержащего водорастворимые ингредиенты и несколько дисперсных фаз, представленных набухшими, но не растворившимися высокомолекулярными ингредиентами, причем каждый из последних может не только оказывать определенное влияние на вязкость дисперсной среды, но и способен вступать в различные синергетические либо конкурентные отношения с другими гидроколлоидами. В этих условиях уровень стабильности полученной дисперсной системы в первую очередь характеризуется ее вязкостью и седиментационной устойчивостью.

Устойчивость рассольной дисперсной системы может быть охарактеризована ее способностью сохранять неизменяемые во времени состав, концентрацию, распределение частиц по всему объему системы, т. е. устойчивость частиц к укрупнению и осаждению.

Согласно классическим положениям колloidной химии, у дисперсных систем существует два вида устойчивости:

- кинетическая (седиментационная), характеризующая устойчивость к осаждению частиц дисперсной фазы;
- агрегатная (термодинамическая), т. е. устойчивость к сохранению постоянной межфазной поверхности к агрегации, а следовательно, к укрупнению и затем к осаждению частиц дисперсной фазы.

Потеря агрегатной устойчивости обязательно вызывает потерю кинетической устойчивости. Очевидно, что поведение частиц высокомолекулярных веществ в дисперсной системе зависит от степени их свободы, энергетического потенциала, способности участвовать в тепловом движении молекул, воздействия силы тяжести, а также от размера частиц и вязкости среды.

Таким образом, зная радиус либо диаметр частиц определенных высокомолекулярных соединений, можно теоретически определить уровень кинетической устойчивости многокомпонентных рассолов согласно закону Стокса, а скорость диффузии и интенсивность

«броуновского» движения частиц дисперсной фазы в рассолах рассчитать по уравнению Эйнштейна:

$$D = \frac{k_T}{6 \cdot H \cdot n \cdot r},$$

где  $D$  – коэффициент диффузии;  $k_T$  – энергия теплового движения;  $H$  – вязкость дисперсной фазы;  $n$  – концентрация частиц в системе;  $r$  – радиус частиц.

Принимая во внимание фундаментальное представление о принципах воздействия на уровень устойчивости многокомпонентных дисперсных систем, регулирование уровня седиментационной (кинетической) устойчивости рассолов в производственных условиях можно осуществлять путем изменения величины вязкости, степени интенсивности и продолжительности их диспергирования, а также температуры среды.

Уравнение Стокса описывает скорость движения частицы дисперсной фазы в дисперсионной среде:

$$v_c = 2 \cdot r^2 \cdot (\rho - \rho_0) \cdot \frac{g}{9H},$$

где  $v_c$  – скорость движения частицы дисперсной фазы;  $r$  – поперечный размер (радиус частиц дисперсной фазы);  $(\rho - \rho_0)$  – разность плотностей дисперсной фазы и дисперсионной среды;  $g$  – ускорение силы тяжести;  $H$  – вязкость дисперсной среды.

Из уравнения следует, что самыми эффективными методами уменьшения скорости движения частиц являются уменьшение поперечного размера частиц либо регулирование уровня вязкости.

Изменение радиуса частиц достигается несколькими способами:

- использованием эффективных способов гомогенизации;
- уменьшением межфазного натяжения;
- предотвращением укрупнения частиц, т. е. снижением их склонности к коагуляции;
- увеличением вязкости водной фазы либо ее регулированием.

Однако в некоторых случаях, когда увеличение вязкости невозможно из-за определенных требований (в частности, в многокомпонентных рассолах) и уменьшение частиц дисперсной фазы тоже невозможно (так как размер препаратов ВМС стандартизирован), используют способ выравнивания плотностей дисперсной фазы и дисперсионной среды.

### Принципы регулирования устойчивости рассолов.

В условиях реальных предприятий мясной отрасли после окончания процесса перемешивания срок хранения рассола, характеризующегося малой степенью седиментации высокомолекулярных соединений, составляет в зависимости от вида и концентрации используемых ингредиентов от 1,5 до 6 ч.

По истечении этого срока в рассольных дисперсных системах визуально отмечается разделение, интенсивное осаждение белковых препаратов, каррагинанов и крахмалов, расслоение системы; рассолы становятся непригодными для использования.

Изменяя такие факторы, как температура, концентрация препаратов и последовательность их внесения в систему в процессе приготовления многокомпонентного рассола, можно существенно удлинить период стабильного состояния приготовленных рассолов. Именно по этим причинам, а также с учетом специфических особенностей функционально-технологических свойств конкретных высокомолекулярных соединений изготовители многокомпонентных композиций разрабатывают и предлагают собственные прописи порядка закладки ингредиентов при составлении сложного шприцового рассола.

Наиболее распространенной является следующая последовательность внесения ингредиентов:

- 3/4 всей воды (холодная вода либо водоледянная смесь) с температурой 0–4 °C;
- фосфаты;
- сахара;
- каррагинаны (если необходимо);
- изолированные соевые белки;
- поваренная соль;
- нитрит натрия;
- аскорбиновая кислота или ее производные;
- 1/4 оставшейся воды в виде снега (с целью снижения температуры рассола).

### Технические средства для приготовления рассолов.

В современных технологических условиях в качестве устройств-смесителей при приготовлении рассола применяют, как правило, разнообразные конструкции:

- на предприятиях малой мощности приготовление рассолов производят в емкости вручную с использованием весла;
- многокомпонентные рассолы готовят в чаше куттера при работе ножей чаши на малой скорости вращения;

- используют дефибрилляторные либо пропеллерные мешалки;
- используют строительные ручные мешалки (аналоги портативных бетономешалок);
- перемешивают ингредиенты при внесении в емкость с водой воздухом, подаваемым компрессором. Однако данный способ может вызвать аэрирование, провоцировать появление пористости в готовом продукте, интенсифицировать процессы окисления липидов и гемовых пигментов (что сопровождается появлением серого или коричневого цвета на разрезе готовой продукции), инициировать развитие аэробных микроорганизмов;
- применяют специальные установки для приготовления рассолов. Данные устройства используются, как правило, на предприятиях большой мощности. К установкам данного типа могут быть отнесены: специальная мешалка, оснащенная турбинной приставкой; инжектор, встроенный в насос, и др.

#### **Способы механической обработки мясного сырья при посоле.**

Если результативность процесса введения рассолов в основном зависит от вида используемого рассола, его состава, физико-химических свойств и типа используемого инъектора, то процесс распределения и удерживания рассола сырьем, а также уровень развития в нем процессов биохимического созревания во многом зависят от способов последующей механической обработки сырья: тендеризации, массирования, тумблования.

**Механическая тендеризация** мяса заключается в накалывании или отбивании сырья, содержащего повышенное количество соединительной ткани либо грубых мышечных волокон. В качестве тендеризаторов используют различного рода устройства: вальцевые (с дисковыми ножами, клиновидными ножами, рифленой поверхностью, иглами) и отбивающие устройства (пластины с рифленой поверхностью или оснащенные иглами).

В результате механической тендеризации происходит частичное разрушение соединительнотканых структур, разволокнение, разрыхление элементов мяса, вследствие чего улучшается консистенция сырья, увеличивается его проницаемость для посолочных веществ и степень доступности структурных элементов к действию ферментов.

Тендеризация низкосортного сырья (лопаточные мышцы говядины, пашина) позволяет почти в 1,5 раза ускорить процесс посола и значительно повысить его ВСС и липкость, улучшить консистенцию, увеличить выход.

Механическую тендеризацию используют как отдельно, так и в сочетании с последующим тумблированием и массированием, что является наиболее эффективным.

**Тумблование и массирование** – два близких по принципу действия способа механической обработки. Их цель заключается в ускорении процесса проникновения внутрь и распределения посолочных веществ в сырье, интенсификации процесса биохимического созревания и придании сырью требуемых функционально-технологических свойств (адгезия, водосвязывающая способность и т. д.).

**Тумблование** – вид механической обработки, основанный на принципе использования энергии падения кусков мяса с некоторой высоты, их ударов друг о друга («самоотбивание») и о выступы рабочих органов внутри аппарата. В результате соударений сырье подвергается механической деформации. Возникающий при этом эффект сжатия–расширения, сопровождающийся образованием градиента давлений, способствует интенсивному фильтрационному переносу рассола из зоны начального его накопления (шприцевание) или с поверхности кусков (при заливке рассолов в тумблер) по системе пор и капилляров внутрь мяса.

Одновременно при тумблировании имеет место частичное разволокнение и даже разрушение некоторых структурных элементов (грубоволокнистых включений) в мясном сырье.

Степень выраженности этих изменений зависит от режимов и продолжительности тумблирования. На первых стадиях механического воздействия на мышечную ткань основными изменениями ее структуры являются набухание, увеличение количества поперечно-щелевых нарушений, разрушение мембранных структур, разрыхление и набухание миофибриллярных белков, нарушение связи между актином и миозином. Нежность и водосвязывающая способность мясных изделий на этой стадии увеличиваются незначительно. Эта стадия характеризуется как *поверхностная тендеризация*.

При увеличении продолжительности механической обработки мышечные волокна набухают по всей толщине куска с образованием белковой массы в области поперечно-щелевых нарушений и структур мышечных волокон; водосвязывающая способность, липкость и нежность сырья возрастают. При чрезмерном увеличении продолжительности процесса тумблирования происходит распад протеофибриллярной субстанции миофибрилл, отмечаются большие потери белка, понижается водосвязывающая способность, что в итоге приводит к ухудшению органолептических свойств готового продукта и снижению его выхода.

Конструктивно тумблеры представляют собой в основном цилиндрические емкости с горизонтальной осью вращения; они оснащены шнеками, лопастями и выступами на внутренней поверхности барабанов.

Продолжительность процесса тумблирования зависит от:

- вида, состояния и свойств сырья, размеров кусков;
- особенностей конструкции устройства (скорость вращения, конфигурация ребер и выступов, высота падения);
- предварительной обработки сырья (наличие тендеризации, инъектирование рассолом);
- коэффициента загрузки аппарата (который должен составлять 0,6–0,7);
- параметров (режимов) процесса тумблирования.

Наиболее эффективными считаются ступенчатые режимы механической обработки, состоящей из собственно тумблирования и последующей выдержки.

В зависимости от вида основного сырья рекомендуют применять различную частоту вращения рабочего барабана:

- для мякотного сырья – от 8 до 20 об/мин;
- для мясокостного – от 4 до 8 об/мин.

В тумблерах предпочтительно обрабатывать более жесткое сырье – конину, бескостную говядину, баранину.

**Массирование** является разновидностью интенсивного перемешивания. Процесс основан на трении кусков мяса друг о друга и о внутренние стенки аппарата. При этом, по сравнению с тумблированием, обработка в массажере протекает в более мягких условиях и, следовательно, более продолжительна. По этим причинам в массажерах предпочтительно обрабатывать сырье с мягкой консистенцией. Явления, имеющие место при массировании и тумблировании, весьма близки, их сущность заключается в следующем:

- разрыхление морфологической структуры сырья, увеличении проницаемости клеточных мембран, что обеспечивает ускорение процесса проникновения и перераспределения посолочных веществ и улучшение структурно-механических свойств мяса;
- активация тканевых ферментов, что интенсифицирует процесс созревания сырья;
- частичное разрушение мышечных волокон, выход из них миофibrillлярных белков и создание на поверхности в результате массирования липкого слоя, обеспечивающего адгезионные

взаимодействия и монолитность готовых реструктурированных изделий.

Скорость посола, степень созревания и изменение технологических свойств сырья при массировании зависят от ряда факторов, к числу которых в первую очередь следует отнести:

- характеристику исходного сырья (вид, структуру, морфологический состав);
- степень автолитических изменений;
- уровень pH (мясо PSE, DFD, RSE, NOR);
- соотношение мышечной, соединительной и жировой тканей;
- параметры механической обработки (тип массажера, вид рабочего органа, наличие вакуума и т. д.).

По общепринятой классификации массажеры подразделяют следующим образом:

- *вертикальные*, оснащенные лопастями или шнеком, вращающиеся внутри емкости;
- *горизонтальные* – вращающиеся барабаны, на внутренней поверхности которых располагаются лопасти или перемешивающие устройства;
- *горизонтальные неподвижные* емкости, внутри которых вращается шнек или вал с лопастями;
- *наклонно установленные вращающиеся* емкости, на внутренней поверхности которых имеются ребра перемешивания.

Многие из современных массажеров и тумблеров оснащены системами охлаждения и вакуумирования. Применение вакуум-механической обработки позволяет снизить уровень контаминации сырья микроорганизмами, устраниТЬ возможность пенообразования на поверхности сырья, обеспечить более высокую монолитность и более высокий выход готовой продукции после термообработки.

## ЛЕКЦИЯ 13

### ПИЩЕВЫЕ ФОСФАТЫ

Пищевые фосфаты принадлежат к числу самых распространенных и популярных видов пищевых добавок, используемых в колбасном производстве.

По классификатору к пищевым фосфатам относят: Е450 – дифосфаты, пирофосфаты (8 видов), Е451 – трифосфаты (2 вида), Е452 – полифосфаты (5 видов).

Все пищевые фосфаты отличаются по уровню pH, в связи с чем их делят на кислые ( $\text{pH} < 5,5$ ), нейтральные ( $\text{pH} 6,6\text{--}7,5$ ), щелочные ( $\text{pH} 8,5\text{--}9,9$ ).

В перечне пищевых фосфатов присутствуют натриевые, кальциевые и калиевые соли фосфорных кислот.

#### Основные функции и механизм действия фосфатов.

Как известно, у технологов-практиков использование фосфатов ассоциативно связывается с необходимостью увеличения ВСС мясных систем и повышением выхода готовой продукции. Но этот подход является принципиально ошибочным. Специалисты путают причины и следствие.

Повышение ВСС является результатом воздействия фосфатов на состояние миофибриллярных белков мяса, которое заключается в следующих эффектах:

- фосфаты обеспечивают диссоциацию нерастворимого актомиозинового комплекса на растворимые актин и миозин, в результате чего увеличивается количество гидрофильных центров и степень набухания белков, что приводит к увеличению их ВСС;

- фосфаты (в основном нейтральные и щелочные) смешают pH систем от изоэлектрической точки мышечных белков (рН ИЭ точки 5,4) в нейтральную сторону, что также увеличивает долю адсорбционно-связанной воды;
- натриевые соли фосфатов осуществляют связывание (секвестрирование) ионов кальция и магния до нерастворимых комплексов, что предотвращает блокирование ими гидрофильных центров, находящихся на поверхности белковых молекул.

Таким образом, фосфаты восстанавливают или увеличивают функционально-технологический потенциал мышечных белков. Кроме того, установлено, что введение пищевых фосфатов обеспечивает повышение эмульсионной способности белков и степени эмульгируемости дисперсных систем.

Иногда фосфаты даже называют эмульгирующими солями, но в большинстве случаев эмульсионные свойства проявляют не сами фосфаты, а продукты их взаимодействия с молекулами белка. Это происходит вследствие связывания ионов кальция, более тонкого диспергирования жира и распределения его капель в системе, повышения функционального потенциала белков и, таким образом, устойчивости эмульсий к механическим и термическим воздействиям.

Различные виды фосфатов неадекватно влияют на эмульсионные свойства белков.

Применение монофосфатов снижает степень эмульгируемости жира. Использование фосфатов, особенно их кальциевых солей, существенно увеличивает уровень эмульгирования.

Пищевые фосфаты оказывают опосредованное действие на процесс окисления белков и липидов в мясных системах. Антиоксидантное действие фосфатов обеспечивается их способностью связывать ионы металлов (кальция, магния, железа), катализирующих процессы окисления липидов в мясе, переводя их в нерастворимое состояние.

Воздействие фосфатов на процесс цветообразования в мясопродуктах неоднозначно. Увеличение pH среды выше значения, соответствующего изоэлектрической точке, оказывает положительное влияние на водоудерживающую способность мяса, но одновременно затрудняет процесс цветообразования. В этой связи наиболее эффективны с точки зрения стабилизации окраски мясопродуктов фосфаты с низкими значениями pH, т. е. кислые фосфаты.

Традиционно в технологии мясопродуктов большей частью применялись нейтральные и щелочные соли фосфатов, так как именно их использование позволяет повысить эмульгирующую способ-

ность, улучшить нарезаемость продукта, сформировать отблеск (глянцевость) на срезе готовых мясопродуктов.

Однако в условиях широкого использования в современной технологии колбасного производства белково-коллагеновых и белково-жировых эмульсий, мяса механической обвалки, мяса с признаками DFD, пищевых гидроколлоидов (имеющих значение pH в слабощелочной зоне) применение сильнощелочных фосфатов приводит к повышению вязкости фаршей, степени их взбиваемости, увеличению пено- и порообразования, снижению интенсивности окраски и слабой адгезии крошки шпика в мясной массе структурированных колбас.

В связи с этим обстоятельством возрастаёт интерес к кислым фосфатам, которые стали применяться как индивидуально (для направленного снижения величины pH в мясных системах), так и в составе многокомпонентных смесей фосфатов, позволяющих создавать буферную емкость.

В отличие от эмульсий, куда фосфаты можно вносить без предварительной гидратации, кислые фосфаты, предназначенные для инъекций, растворяют в рассоле. В связи с этим растворимость фосфатов и других ингредиентов должна быть довольно высокой, так как необходимо иметь уверенность, что даже при достаточно высокой концентрации рассола не произойдет кристаллизации солей и засорения игл инъектора во время процесса инъектирования.

Фосфаты с уровнем pH > 9 специально предназначены для повышения величины pH мясного сырья, имеющего pH < 5,8. При содержании фосфатов в готовом продукте свыше 0,3% можно получить и более высокий выход готового продукта (рис. 13.1).

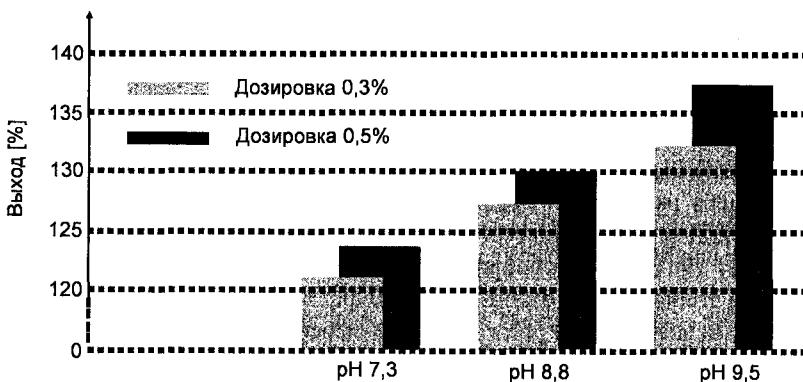


Рис. 13.1. Влияние величины pH и дозировки фосфатов на выход вареных колбас в непроницаемых оболочках

Щелочные фосфаты растворяются хуже, чем нейтральные.

Основные требования к качеству пищевых фосфатов:

- уровень pH (не выше 9–9,2);
- отсутствие примесей;
- в составе фосфатов должны преобладать линейные короткоцепочечные фосфаты;
- в составе фосфатов должно быть точно указано содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>;
- фосфаты должны иметь хорошую растворимость, не должны комковаться.

Нормы использования фосфатов – от 0,3 до 0,5 г на 1 кг фарша. При использовании этих дозировок отмечается повышение ВСС, липкости; фарш становится мягким, блестящим, эластичным.

Увеличение дозировок до 2–3 г на 1 кг фарша, по сведениям германских специалистов, не влияет ни на уровень pH, ни на уровень ВСС, а приводит к появлению рыхлости фарша после термообработки.

Следует отметить, что фосфаты являются вспомогательным ингредиентом в рецептурах мясопродуктов, поэтому в нормативных документах их применение регламентируется в допусках.

Опыт показывает, что при работе с охлажденным мясом, имеющим нормальный уровень pH, имеется возможность производить вареные колбасы с выходом до 105–110%, не применяя пищевых фосфатов.

Добавляя фосфаты, выход можно поднять до 120–125%. Получение супервыходов обеспечивается комплексным использованием пищевых фосфатов, белковых препаратов, и гидроколлоидов.

Одним из критериев в определении целесообразности применения фосфатов и выборе их вида является уровень pH мясного сырья и мясных систем.

При работе с сырьем, имеющим признаки PSE и RSE, наиболее рационально использование щелочных и даже сильнощелочных фосфатов.

В случае использования мяса DFD, крахмалов, белково-коллагеновых и белково-жировых эмульсий применение фосфатов, особенно нейтральных и щелочных, не является целесообразным; зачастую в этих случаях требуется использование кислых фосфатов.

Нет необходимости использовать фосфаты в рецептурах мясопродуктов «эконом-класса», в состав которых входят в основном белково-жировые и белково-коллагеновые эмульсии, а доля мышечных белков низкая. Использование щелочных фосфатов в данном случае будет приводить к появлению мыльного вкуса, резкому ухудшению цвета мясопродуктов и снижению срока хранения готовой

продукции вследствие интенсивного развития гнилостных микроорганизмов в условиях высоких значений pH.

Выбор типа фосфатов осуществляют с учетом технологический целей. Для колбасного производства предпочтительным является использование короткоцепочечных дифосфатов, которые действуют быстрее. Для приготовления рассолов нужны фосфаты с хорошей растворимостью, высоким уровнем pH и буферной емкости. Особенностью свойств полифосфатов является проявление ими бактериостатического эффекта, особенно при значениях pH среды выше 7,0.

При использовании фосфатов следует строго соблюдать их дозировку; превышение дозировки может привести:

- к нарушению нормативов содержания общего фосфора в пересчете на оксид  $P_2O_5$  в готовой продукции;
- появлению перламутрового блеска (на срезе у деликатесной продукции);
- белому налету на поверхности колбасных батонов и деликатесной продукции.

В современной технологии мясопродуктов используют как комплексные смеси фосфатов, так и отдельные соли фосфорных кислот.

Отдельные соли фосфорной кислоты (индивидуальные фосфаты) изменяют pH одномоментно, в связи с чем при осуществлении процесса куттерования значение pH получаемой мясной системы постоянно варьирует в зависимости от количества вносимых ингредиентов и уровня их собственного pH, что негативно воздействует на функционально-технологические свойства мышечных белков и не позволяет получать устойчивую дисперсную мясную систему.

Комплексные пищевые фосфаты представляют собой смесь кислых и щелочных, одно- или двухзамещенных солей фосфорной кислоты либо смесь слабых кислот и солей с сильным основанием.

Особенность комплексных фосфатов – наличие у данных смесей буферной емкости, способной удерживать уровень pH в стабильном диапазоне.

Определяют буферную емкость по количеству кислоты либо щелочи, необходимой для изменения (снижения или повышения) уровня pH на 1. Чем выше буферная емкость, тем более устойчива система.

Буферная система нейтрализует сильно кислые или сильно щелочные растворы, поддерживает определенный уровень pH в системе (для колбасного производства pH находится в интервале от 6–7), усиливает действие консервантов, создает неблагоприятные условия для развития микроорганизмов.

Создание буферной емкости является важным инструментом для стабилизации свойств колбас и мясопродуктов, особенно получаемых из мяса, имеющего признаки PSE и DFD.

С целью обеспечения высокой эффективности фосфатов при производстве мясопродуктов контролируется степень их очистки, которая в ряде препаратов достигает 99,8%.

При приготовлении комплексных смесей фосфатов соблюдают, как правило, несколько принципов:

- создание высокой буферной емкости;
- комбинирование плохо растворимых дифосфатов натрия с хорошо растворимыми длинноцепочечными фосфатами или фосфатами калия;
- введение в состав смесей фосфатов, кроме натриевых солей фосфорных кислот, солей калия (для использования в системах, содержащих каррагинаны) или кальция (для повышения эмульгирующей способности молочных белков, альгинатов и др.).

В современных условиях, благодаря использованию технологии сухого распыления, стало возможным производство молекулярных смесей фосфатов с разной длиной цепочки без использования метода физического смещивания. Согласно новой технологии, приготовленные растворы фосфорной кислоты и гидроксидов натрия и/или калия смешивают и затем распыляют при определенной температуре. В результате получается комбинация натрия/калия ди- и триполифосфатов с молекулярной, а не кристаллической структурой, как это происходит при механическом смещении. И, что особенно важно для мясоперерабатывающей промышленности, все эти смеси обладают гораздо большей степенью растворимости. В частности, большинство фосфатов «Карнал» и «Абастол» растворимы даже в холодном рассоле с добавлением льда, тогда как обычные фосфаты сначала растворяют в воде и только затем добавляют соль.

С целью снижения количественного содержания общего фосфора в готовой мясопродукции в настоящее время в качестве альтернативы фосфатам используют соли других пищевых кислот: цитраты (соли лимонной кислоты), тартраты (соли винной кислоты), лактаты (соли молочной кислоты), ацетаты (соли уксусной кислоты).

Следует отметить, что эти пищевые добавки, так же как и фосфаты, позволяют изменять величину pH дисперсных систем, способствуя набуханию мышечных белков, что увеличивает ВСС систем, имеют хорошую растворимость, не влияют на вкус готовой продукции.

Однако степень технологической эффективности лактатов, цитратов, тартратов и ацетатов ниже, чем у фосфатов, так как они не оказывают влияния на состояние актомиозинового комплекса. Уровень ВСС мясной системы при использовании вышеперечисленных солей ниже.

Также следует отметить, что при применении лактатов фарш приобретает более плотную консистенцию, чем при применении фосфатов, и имеет матовый оттенок; в ряде случаев могут образовываться бульонно-жировые отеки.

Ацетаты могут придавать мясопродуктам сладковато-металлический, а лактаты – солоноватый или кисловатый оттенок вкуса.

Нормы использования препаратов, альтернативных фосфатам, – до 3 г на 1 кг фарша.

## ЛЕКЦИЯ 14

### ПИЩЕВЫЕ ГИДРОКОЛЛОИДЫ

Группа структурообразователей, стабилизаторов консистенции, водоудерживающих агентов, которые часто называют пищевыми гидроколлоидами, занимает особое место среди пищевых добавок, используемых в технологии мясопродуктов.

Основная функция пищевых гидроколлоидов заключается в стабилизации коллоидных пищевых систем (регулирование кинетической и термодинамической устойчивости). Частицы гидроколлоидов способствуют снижению межфазного поверхностного натяжения, облегчают процесс диспергирования, формируют механический барьер, препятствуют коалесценции, образуют структуру и стабилизируют полученную систему.

Среди пищевых гидроколлоидов различают *загустители* и *гелеобразователи*.

*Загустители* – вещества, повышающие вязкость пищевых систем.

*Гелеобразователи* (*желеобразователи*) структурируют пищевые дисперсные системы.

Разделить их не всегда возможно, так как некоторые загустители в определенных условиях способны образовывать прочные гели.

Загустители и гелеобразователи представляют собой линейные или параллельно разветвленные цепи, т. е. высокомолекулярные вещества (ВМВ), с гидрофильными группами, которые вступают во взаимодействие с водой.

Использование пищевых гидроколлоидов в технологии мясопродуктов позволяет:

- стабилизировать дисперсии и эмульсии за счет увеличения вязкости, снижения поверхностного натяжения, образования структурированных слоев на поверхности раздела фаз;
- повысить водосвязывающую способность системы;
- регулировать состояние структурно-механических свойств, стабилизировать текстуру, сохранить консистенцию продукта при замораживании и размораживании;
- вследствие особенностей реологических характеристик обеспечить повышение степени пластификации пищевых систем, что является достаточно важным в условиях сокращения или снижения количественных уровней введения жиров в мясопродукты;
- стабилизировать свойства продукта при разогреве готовой продукции;
- обеспечить увеличение периода хранения готовой продукции вследствие повышения доли связанной воды и таким образом снизить величину активности воды  $A_w$ ;
- рассматривать пищевые гидроколлоиды как балластные вещества (пищевые волокна), так как они не перевариваются организмом;
- снизить себестоимость готовой продукции.

Эффективность действия гидроколлоидов определяется:

- видом гидроколлоидов;
- структурной особенностью молекул – длиной, степенью разветвления, количеством функциональных групп, их расположением в молекуле;
- способом получения, очистки, условиями хранения;
- способом приготовления и технологического использования;
- условиями среды: величиной pH, температурой, солевым составом;
- взаимодействием с другими веществами (явления синергизма либо конкурентные отношения).

К основным показателям функционально-технологических свойств пищевых гидроколлоидов относят:

- величину критической концентрации гелеобразования (ККГ), т. е. минимальную концентрацию препарата, при которой система переходит в гель;
- вязкость;
- гелеобразующую способность;

- водосвязывающую способность;
- эмульгирующую способность (для некоторых видов гидроколлоидов).

Многие пищевые гидроколлоиды рассматривают как инструмент для регулирования реологических свойств пищевых систем и структурно-механических свойств готовой продукции.

Одним из важных показателей загустителей является их вязкость.

Уровень вязкости загустителей в зависимости от их вида и концентрации весьма существенно изменяется. Вязкость растворов находится в пропорциональной зависимости от концентрации добавки: чем она больше и чем выше молекулярная масса гидроколлоида, тем выше вязкость.

Диапазон вязкости загустителей (Па, для 0,3%-ных растворов): гуммиарабик – 2–5; метилцеллюлоза – 10–2000; альгинат натрия – 25–800; гуаровая камедь – 3000–7000; камедь рожкового дерева – 2000–3500; Na KMC – 500–12000; ксантановая камедь – 800–1800; камедь конжак – 9000–35 000; каррагинаны полерафинированные – 20–100; каррагинаны рафинированные – 50–150.

Следует отметить, что концентрация структурообразователя, необходимая для получения одной и той же вязкости, увеличивается в ряду:

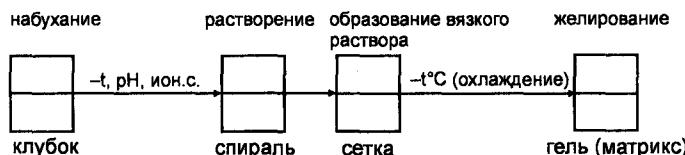
Модифицированный крахмал < пектин яблочный < пектин цитрусовый < альгинат натрия.

Важной особенностью свойств пищевых гидроколлоидов является наличие у многих из них способности к синергизму, т. е. проявлению принципиально новых или модифицированных свойств в присутствии других гидроколлоидов. Например, мука рожкового дерева и ксантан по отдельности действуют только как загустители, в составе же бинарной композиции они проявляют свойства гелеобразователей; кроме того, снижается величина их ККГ.

Многие стабилизаторы консистенции и водоудерживающие агенты выполняют функцию **защитных коллоидов**, т. е.:

- образуют защитный слой вокруг частиц масла в эмульсии для усиления действия эмульгатора;
- образуют защитную оболочку вокруг белков и предотвращают выпадение белков в осадок при резких изменениях величины pH;
- связывают избыток свободной воды и повышают уровень кинетической и термодинамической устойчивости пищевых дисперсных систем.

Принципиальная схема механизма гелеобразования у пищевых гидроколлоидов представлена на рис. 14.1.



**Рис. 14.1.** Схема механизма гелеобразования у пищевых гидроколлоидов

Образующиеся при гидратации пищевых гидроколлоидов гели – в основном молекулярные, термообратимые, проявляют синерезис в процессе хранения, что является одним из негативных свойств этой группы стабилизаторов пищевых систем.

Согласно общепринятой классификации, пищевые гидроколлоиды подразделяют на природные, природные модифицированные и синтетические.

**Природные гидроколлоиды** в настоящее время представлены препаратами животных белков на основе коллагенсодержащего сырья, молока, крови, яйца, а также желатином, соевыми белковыми препаратами, полисахаридами, препаратами микробного происхождения.

Наиболее широкое распространение с 60-х годов прошлого столетия получили полисахаридные стабилизаторы пищевых продуктов, которые благодаря своим функциональным и экономическим характеристикам стали вытеснять гидроколлоиды животного (белкового) происхождения.

#### **Гидроколлоиды полисахаридного происхождения.**

##### **1. Экссудаты растений (гетерополигликаны):**

**Гуммиарабик** (E414) – высущенный на воздухе экссудат, полученный из надрезов стволов или ветвей *Acacia senegal* L., а также из надрезов стволов или ветвей различных видов акаций.

Гуммиарабик состоит из мономеров D-галактозы, связанных  $\beta$ -1,3-гликозидной связью с многочисленными разветвлениями, которые состоят из  $\beta$ -галактозы и других сахаров или уроновых кислот.

Гуммиарабик имеет хорошие эмульгирующие свойства (ГЛБ – гидрофильно-липофильный баланс равен 13); слабый загуститель, несмотря на относительно высокую молекулярную массу (460 тыс.); хорошо растворим в воде.

Используется как эффективный стабилизатор дисперсных систем, эмульсий (масло–вода), пен и т. д., а также как регулятор струк-

туры и консистенции пищи, пленкообразователь, материал для инкапсулирования.

Вследствие того, что гуммиарабик максимально проявляет свои функциональные свойства при низких значениях pH, в технологии мясопродуктов он используется ограниченно.

Гуммиарабик, как и большинство гидроколлоидов растительного происхождения, может выполнять функцию пищевого волокна. Его введение в пищевые продукты приводит в норму выделение желудочного сока, тормозит выделение пищеварительных ферментов, обеспечивает снижение уровня холестерина в плазме крови на 6–30%, понижает уровень глюкозы в крови.

**Трагакант** – камедь (E413) – стабилизатор, наполнитель, имеет высокую вязкость, сохраняя ее в кислых средах и при нагревании. Может выполнять функцию эмульгатора, его ГЛБ равен 11–14.

Применяется в основном в кислых соусах, маринадах.

**Камедь Карайи** (E416) по свойствам похожа на трагакант, проявляет стабилизирующее, эмульгирующее действие, наполнитель. Вступает во взаимодействие с молочными белками, проявляя синергизм.

**Камедь Гхати** (E419) по функциональным свойствам схожа с гуммиарабиком, применяется в качестве стабилизатора эмульсий и дисперсий.

**Конжак** – конъячная камедь – (E425) – обладает высокой загущающей, водосвязывающей и эмульгирующей способностями, хорошо растворяется как в горячей, так и в холодной воде, совместим с большинством ингредиентов рецептур. Используется как стабилизатор и наполнитель. Отличительная особенность – полное отсутствие синерезиса. Конжак проявляет синергизм в сочетаниях с ксантаном и каррагинанами, резко увеличивая вязкость полученных систем.

##### **2. Камеди семян бобовых (галактоманнаны):**

**Гуаровая камедь** (E412) проявляет свойства загустителя, стабилизатора, эмульгатора, наполнителя. Геля не образует, однако имеет очень высокую вязкость, растворимость, тиксотропные свойства. В 8 раз активнее связывает воду, чем ксантан. После термообработки существенно улучшает структурно-механические свойства мясопродуктов.

**Камедь рожкового дерева LBG** (E410) может выполнять функцию наполнителя, гелеобразователя, загустителя. Полностью растворяется в горячей воде, образуя при температуре 80 °C вязкие растворы.

Выдерживает длительное воздействие высоких температур; гели не изменяют свойств в процессе низкотемпературного замораживания и при размораживании.

Имеет сильно выраженные синергетические свойства по отношению к другим гидроколлоидам, в частности к  $\kappa$ -каррагинанам, ксантану, в связи с чем ее используют в составе бинарных и трехкомпонентных коммерческих смесей.

**Камеди Тары и арабика** (Е417) ограниченно представлены на российском рынке. Обладают водоудерживающими и эмульсионными свойствами. В практике применяются взамен гуаровых камедей либо камедей рожкового дерева, или параллельно с ними.

### 3. Запасные полисахариды злаков и картофеля.

Растения накапливают энергию в виде углеводов или крахмала. Крахмал обычно содержится в виде маленьких закрытых гранул в стебле, зернах, листьях и корнях растений. Это второй (после целлюлозы) по распространенности биологический материал. Крахмалы и крахмалосодержащие продукты служат источниками приблизительно 75% потребляемой в мире пищевой энергии. В промышленности они используются в качестве стабилизаторов, связывающих, текстурирующих и желирующих агентов, наполнителей, источников энергии для ферментации, разрыхлителей печеных изделий, а также для производства сахара и глюкозы.

**Нативные крахмалы** представляют собой добавку к пище и не имеют индекса «Е». Крахмал – один из самых дешевых и распространенных в технологии мясопродуктов гидроколлоидов. Входит в состав рецептур мясопродуктов в количестве от 2 до 6%.

Общий рынок крахмалов в России составляет 450–480 тыс. т в год.

Натуральный крахмал – природный полимер, представляющий собой смесь двух полисахаридов – амилозы и амилопектина (рис. 14.2).

Соотношение между амилозой и амилопектином в крахмалах разных видов колеблется от 1:1,5 до 1:4,5.

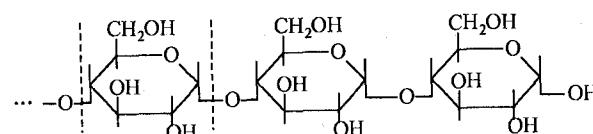
Несмотря на адекватность химического состава, амилоза и амилопектин достаточно существенно различаются между собой: цепь амилозы линейная, причем молекулы соединены водородными связями, у амилопектина цепь разветвленная, спиралевидной формы.

Молекулярная масса амилозы – от 200 до 2000, молекулярная масса амилопектина – более 10000. Растворимость у амилозы плохая, а у амилопектина – хорошая.

Установлено, что чем больше доля амилозы в составе крахмалов, тем прочнее крахмальные гели.

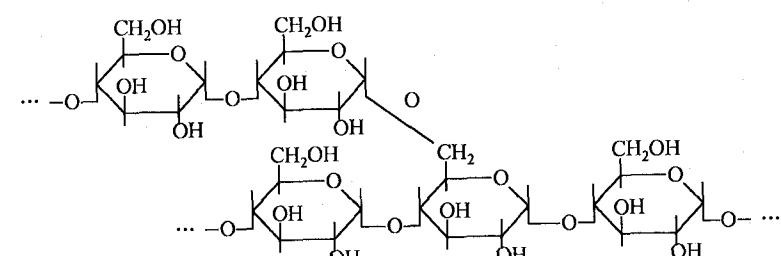
Амилоза и амилопектин соединены в звенья, которые называют гранулами крахмала. Гранулы в зависимости от происхождения бывают различных форм и размеров. Например, гранулы кукурузного крахмала имеют малый размер, а гранулы картофельного крахмала – большие и овальные (табл. 14.1).

Молекулы амилозы состоят из одной длинной цепочки соединений глюкозы



Амилоза

Молекулы амилопектина состоят из нескольких разветвленных цепочек соединений глюкозы



Амилопектин

Рис. 14.2. Амилоза и амилопектин

Гранулы крахмалов различаются не только по размеру и форме. Содержание амилозы и амилопектина в них также различно. Например, кукурузный крахмал содержит 27% амилозы, а картофельный – 20%.

К основным функционально-технологическим свойствам нативных крахмалов относят их вязкость, водосвязывающую и адгезионную способности.

Основной особенностью нативных крахмалов является то, что свои функционально-технологические свойства они проявляют при нагревании до определенной температуры, обеспечивающей процесс клейстеризации.

Процесс клейстеризации в технологических условиях осуществляют в два этапа.

**Первый этап.** На основе крахмала готовят водную суспензию, которую подвергают нагреву до 40–50 °C. При этом молекулы крахмала начинают поглощать воду и набухают. В нативном состоянии крахмал не способен растворяться в холодной воде (рис. 14.3). В хо-

лодном состоянии цепочки крахмала удерживаются вместе, и вода не в состоянии проникнуть между ними.

#### 14.1. Сравнительная характеристика гранул различных типов крахмалов

Свойства крахмалов	Картофельный	Кукурузный*	Маисовый**	Пшеничный	Тапиоковый
Цвет	Белый	Желтоватый	Желтоватый	Желтоватый	Белый
Размер частиц, мм	5–100	2–30	3–26	1–45	4–35
Содержание, % воды	18–20	11–13	11–13	11–13	13–15
фосфора	0,08	0,02	0,01	0,06	0,01
протеина	0,1	0,35	0,25	0,4	0,1
жира	0,05	0,8	0,2	0,9	0,1
амилозы	20	27	—	28	17
Прозрачность	Очень прозрачный	Мутный	Прозрачный	Мутный	Прозрачный
Ретроградация	Средняя	Высокая	Очень низкая	Высокая	Низкая
Устойчивость к механической обработке	Средняя–низкая	Средняя	Низкая	Средняя	—//—
Структура	Длинная	Короткая	Длинная	Короткая	Длинная
Максимальная вязкость («пик» вязкости)	800–2000	200–800	400–800	100–300	300–1000

\* отечественный; \*\* импортный.

**Второй этап.** При дальнейшем нагревании до температуры клейстеризации (определенной для каждого вида крахмала) крахмальные зерна дезагрегируют, крахмал растворяется и образуется прозрачный вязкий раствор. При последующем охлаждении происходит процесс структурирования с образованием трехмерной сетки молекулярного геля.

Образующиеся вязко-пластичные системы проявляют сильный синерезис при хранении.

Данные, представленные в табл. 14.2, свидетельствуют о том, что при выборе типа крахмала применительно к конкретному виду мясных изделий следует в первую очередь принимать во внимание температуру его клейстеризации, так как большая часть крахмалов полностью не реализует свой функционально-технологический потенциал при температурах, используемых в технологии мясопродуктов для тепловой обработки (68–72 °C).

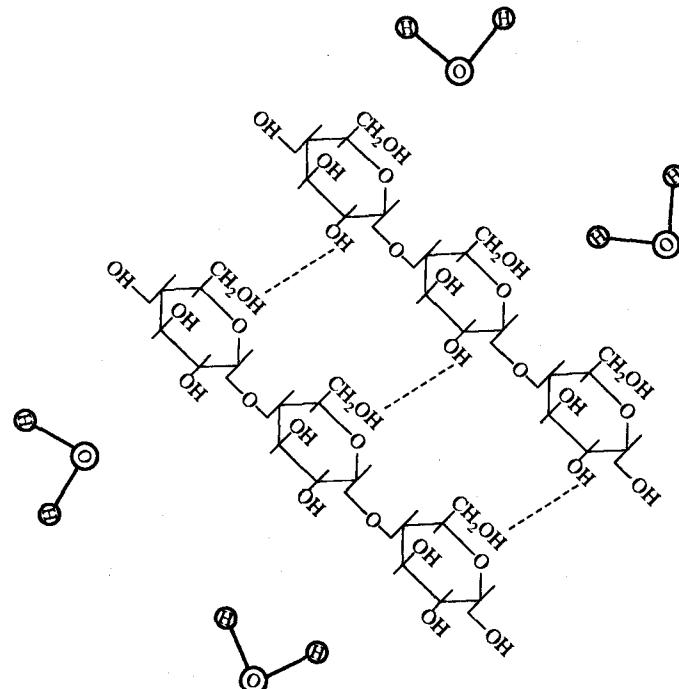


Рис. 14.3. Нерастворимость крахмала

#### 14.2. Характеристика крахмалов

Вид крахмала	Температура клейстеризации	Свойства гелей
Картофельный	59–75	Прозрачный, но не стабильный при хранении
Тапиока (маниока)	62–73	Прозрачная клейкая масса
Кукурузный (маисовый крахмал)	62–77	Непрозрачный гель с привкусом, низкая вязкость
Кукурузный (высокозамещенный)	63–92	Непрозрачный, очень плотный гель
Пшеничный	58–82	Непрозрачный гель, низкая вязкость
Рисовый	61–86	Мутный, мягкий гель
Кукурузный амилопектиновый	62–80	Прозрачный, высокая ВУС, вязкость; высокая устойчивость при хранении
Сорго	68–78	Полупрозрачный, клейкий

Для повышения эффективности использования нативных крахмалов многие специалисты рекомендуют вводить в мясные системы

предварительно клейстеризованные крахмалы. С этой целью натуральный крахмал нагревают в воде до температуры 80–85 °С (на 3–5 °С выше температуры клейстеризации) и выдерживают в течение 2–3 мин. После охлаждения полученный клейстер вводят в рецептуры мясных изделий.

Применение предварительно клейстеризованных крахмалов существенно повышает ВУС и выход готовых изделий, устраняет явление «крошлиности», обеспечивает гладкую блестящую поверхность на срезе продукта.

При введении крахмала в фарш в сухом виде при тепловой обработке (температура 68–72 °С) он полностью клейстеризоваться не может.

Водоудерживающая способность натуральных крахмалов находится в диапазоне от 2,5 до 3 кг на 1 кг крахмала. Величина ККГ от 3,2 до 4,5.

Чем выше концентрация поваренной соли в пищевой системе и чем ниже уровень pH, тем хуже идет процесс гелеобразования крахмалов и удерживания воды; в присутствии 2% поваренной соли величина ККГ возрастает на 1,7%.

Особенностью натуральных крахмалов является то, что они могут вступать в конкурентные отношения с рядом других высокомолекулярных соединений в процессе гидратации и снижать за счет этого общий уровень ВУС. В частности, крахмал вступает в конкурентные отношения с желатинами и каррагинанами.

#### 4. Экстракты высших растений:

**Пектин** (Е440) – стабилизатор, наполнитель, гелеобразователь. Образует термообратимые гели, оптимальные ФТС проявляют при pH среды в диапазоне от 2,8 до 3,4. Взаимодействует с солями некоторых металлов, что упрочняет образующиеся гели.

Предназначен для использования в технологии кисломолочных продуктов, мармеладов, желе, пасты.

#### 5. Экстракты из водорослей:

**Агар** (Е406) – стабилизатор, гелеобразователь, наполнитель. Гелеобразующая способность в 10 раз выше, чем у желатина.

Гели образует при температуре 32–39 °С. Студневидность гелей наблюдается при pH > 4,5. ККГ 0,5–0,8%. Гели термообратимы, плавятся при температуре 80 °С.

Агар-агар проявляет синергизм с желатином, крахмалом, кандидами.

**Альгинат натрия** (Е401) – наполнитель, стабилизатор, гелеобразователь. Является водоудерживающим агентом. Частично проявляет эмульгирующие свойства (оптимальный уровень pH 4,0).

Альгинат натрия плохо растворим в холодной воде, набухает в воде в течение 10–12 ч. Для его растворения используют горячую воду (желательно мягкую, так как в жесткой воде он комкуется, образует пленки).

Растворы альгината натрия вязкие, при добавлении ионов кальция образуют хрупкие, термообратимые гели.

Гелеобразующая и эмульгирующая способности альгината натрия возрастают при его совместном использовании с желатином и другими пищевыми волокнами. Водоудерживающая способность составляет 15–20 г воды на 1 кг препарата (pH 5).

Обладает криозащитным действием, т. е. замедляет рост кристаллов воды при замораживании. Допустимые дозировки его в производстве мороженого, майонезов, кондитерских изделий, соусов составляют от 2 до 30 г на 1 кг продукта.

В количествах 0,2–0,5% альгинат натрия используют в качестве криопротектора в технологии замороженных полуфабрикатов: связывая ионы кальция, он защищает мышечные белки от денатурации, создает между ними электростатический барьер.

**Каррагинаны** (Е407, Е407A). Экономическая эффективность производства мясопродуктов давно уже зависит не только от стоимости мяса как основного источника сырья для их производства, но и от стоимости других видов сырья растительного происхождения, получивших в последнее время широкое применение в производстве мясопродуктов. Естественно, что такое сырье, в пересчете на дополнительное удержание влаги, стоит в 1 кг колбасных изделий значительно (в 2–6 раз) дешевле, чем мясо.

Наибольший интерес представляет массово внедряемый в мясоперерабатывающей промышленности как природный загуститель, гелеобразующее вещество и *стабилизатор консистенции* сульфитредуцированный полисахарид, полученный из красных водорослей – *каррагинан*, что обусловлено его полезными биологическими свойствами, а также способностью образовывать вязкие растворы и гели высокой прочности. Каррагинан превосходит другие гидроколлоиды в тех случаях, когда требуются высокая вязкость, эмульгирование и сусpenзирование. Высокоочищенные каррагинаны препятствуют окислению жиров, и поэтому их часто используют и в качестве антиокислителей.

В соответствии с международным законодательством каррагинаны представляют собой очищенный экстракт морских водорослей,

имеющий молекулярную массу более 100 000; коммерческие препараты обычно имеют молекулярную массу более 500 000 и содержат сопутствующий полисахарид – фурцеллеран.

Морские водоросли используют в пищевых целях и медицинской практике более шести столетий, однако только с середины прошлого века начался активный поиск и выделение из них биологически активных препаратов (БАП). Каррагинаны не расщепляются в желудочно-кишечном тракте человека, но *играют роль пищевых волокон, выполняя все соответствующие функции, а также обладают антиканцерогенной, антиязвенной и антивирусной активностью*.

Впервые термин «каррагинан» появился в 1837 г. – так называли морские водоросли, произрастающие вблизи местечка Карагин на южном побережье Ирландии, которые использовали в пищу. В настоящее время основное производство каррагинанов сосредоточено в странах Восточной Азии (Южная Корея, Китай, Япония), где в дальневосточных морях распространены заросли имеющих наибольшее значение красных водорослей (класс *Rhodophyceae*), а также вдоль побережий северной Атлантики, Филиппин и Индонезии, близ Чили и Мексики, где произрастают субтропические разновидности красных водорослей.

Красные водоросли содержат в значительных количествах своеобразные сульфатированные полисахариды – галактаны, в частности каррагинан и агар, которые находят широкое применение в практике и не имеют аналогов среди других растительных полисахаридов.

В США и странах ЕЭС каррагинан признан безопасным и полезным компонентом, разрешен к применению в качестве пищевой добавки. В Японии он считается «природным продуктом» и не является предметом правил, регламентирующих применение пищевых добавок. В 1984 г. Экспертный комитет по пищевым добавкам и Рабочая группа Комиссии по пищевому кодексу ВОЗ представили токсикологический обзор по каррагинанам, который подтвердил, что каррагинан может быть безопасно использован в пище, и излишне определять нормы его суточного потребления.

Каррагинаны – это общий название гидроколлоидов, полученных из ряда родственных разновидностей красной водоросли. Из этого природного источника добывают сотни различных стабилизирующих и желирующих добавок, широко используемых в технологии пищевых продуктов, косметики, промышленных товаров и т. д.

За последние 10 лет производство каррагинанов в мире увеличилось более чем в 2 раза, что составляет десятки тысяч тонн.

# ГИДРОКОЛЛОИДЫ

## Каррагинаны (Е407)

## КМЦ (Е466)

## Камеди: конжаковая (Е425), ксантановая (Е415)

## Альгинаты натрия (Е401)

## Агар-агар (Е406)



Группа компаний "ТОРГОВЫЙ ДОМ АРНИКА" – крупнейшая дальневосточная организация на рынке технологий, поставок оборудования, расходных материалов и ингредиентов для мясоперерабатывающей, рыбной, молочной и других отраслей пищевой промышленности.

### ТОРГОВЫЙ ДОМ "АРНИКА"

690039, Россия, г. Владивосток, ул. Русская, 19 "а", 9 этаж.  
т/ф. + (4232) 32-12-94, 32-13-97, 30-02-85, 31-64-26, 32-14-22, 32-14-00. Ф. 32-33-70. e-mail: office@arnika.ru  
Шанхайское представительство

200072, Китай, Шанхай, район Пу Дун, ул. Чжан Ян, 182, здание С, одн. 319, тел.: +86-21-6548-2319.  
e-mail: shanghai@arnika.ru

### Филиал ТОРГОВОГО ДОМА "АРНИКА"

63747, Россия, г. Иркутск, ул. Красноармейская 3, 9 этаж. тел.: +7(3952) 781-89-16, 781-89-17, e-mail: moscow@arnika.ru  
690044, Россия, г. Иркутск, ул. Красноармейская 18, здание А, одн. 101, тел.: +7(3952) 63-11-84, e-mail: irkutsk@arnika.ru  
680000, Россия, г. Хабаровск, ул. Комсомольская, 5 "Н", здание А, 1 этаж. тел.: +7(4212) 22-32-90, e-mail: khabarovsk@arnika.ru



# БЛАГОДАРЯ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ, НАШИ НАТУРАЛЬНЫЕ ПИЩЕВЫЕ КРАСИТЕЛИ ИМЕЮТ ЯРКИЕ ОТТЕНКИ

Группа компаний ТОРГОВЫЙ ДОМ "АРНИКА" – крупнейшая дальневосточная организация на рынке технологий поставок оборудования, расходных материалов и ингредиентов для мясоперерабатывающей, рыбной, молочной и других отраслей пищевой промышленности

Рафинированные:

HGE – (каппа)

HGE – I (каппа)

GST – (каппа-йота)

SP – 100 (йота)

Полурафинированные:

CK – 206 (каппа)

CK – 207 (каппа)

ТОРГОВЫЙ ДОМ "АРНИКА"

690039, Россия, г. Владивосток, ул. Русская, 19 "а", 9 этаж

т/ф: (4232) 32-13-94, 32-13-97, 30-02-85, 31-64-26, 32-14-22, 32-14-00. Факс: 32-33-70. e-mail: office@tharnika.ru

Шанхайское представительство

200122, Китай, г. Шанхай, район Пудонь, ул. Чжан Ян 188, здание C, офф. 2319, тел.: +86-21-6888-2319

e-mail: shanghai@tharnika.ru

Филиалы ТОРГОВОГО ДОМА "АРНИКА"

129337, Россия, г. Москва, ул. Красной Сосны 3, 9 этаж, тел.: (495) 781-89-16, 781-89-17

e-mail: moscow@tharnika.ru

690014, Россия, г. Иркутск, ул. Тракторная 18, "А", 2 этаж, тел./факс: (3952) 63-11-84, e-mail: irkutsk@tharnika.ru

680000, Россия, г. Хабаровск, ул. Калинина, 5 "А", офис 3, тел./факс: (4212) 22-32-90, e-mail: khabarovsk@tharnika.ru

# ПИЩЕВЫЕ КРАСИТЕЛИ

Пищевые красители  
Сафлор жёлтый

Паприка  
Паприка порошок WS  
Смесь красителей – С

Аннато WS – Е16

Чем можем предложить пищевые красители  
вашему конкурунтостойкому бизнесу?

ТОРГОВЫЙ ДОМ "АРНИКА"

690039, Россия, г. Владивосток, ул. Русская, 19 "а", 9 этаж,

т/ф: (4232) 32-13-94, 32-13-97, 30-02-85, 31-64-26, 32-14-22, 32-14-00. Факс: 32-33-70. e-mail: office@tharnika.ru

Шанхайское представительство

200122, Китай, г. Шанхай, район Пудонь, ул. Чжан Ян 188, здание C, офф. 2319, тел.: +86-21-6888-2319

e-mail: shanghai@tharnika.ru

Филиалы ТОРГОВОГО ДОМА "АРНИКА"

129337, Россия, г. Москва, ул. Красной Сосны 3, 9 этаж, тел.: (495) 781-89-16, 781-89-17, e-mail: moscow@tharnika.ru

690014, Россия, г. Иркутск, ул. Тракторная 18 "А", 2 этаж, тел./факс: (3952) 63-11-84, e-mail: irkutsk@tharnika.ru

680000, Россия, г. Хабаровск, ул. Калинина, 5 "А", офис 3, тел./факс: (4212) 22-32-90, e-mail: khabarovsk@tharnika.ru

# КРАХМАЛЫ



Группа компаний "Торговый дом "Арника" - крупнейшая дальневосточная организация на рынке технологий, поставок оборудования, расходных материалов и ингредиентов для мясоперерабатывающей, рыбной, молочной и других отраслей пищевой промышленности.

## КРАХМАЛЫ - картофельные нативные модифицированные

КАРТОФЕЛЬНЫЕ КРАХМАЛЫ "DIANFEN DEVELOPMENT CO, LTD" ДАНИЯ



Крахмал – сложный углевод, образующийся в растениях и откладываемый ими в качестве запасного питательного вещества. Он хорошо переваривается и усваивается организмом человека. Благодаря разнообразию своих свойств, способности к их изменениям крахмал применяют в разных пищевых производствах – кондитерском, хлебопекарном, колбасном и др., в кулинарии, для выработки крахмалопродуктов, в непищевых отраслях (парфюмерной, текстильной и др.).



Каррагинан Е407 – загуститель, гелеобразователь и стабилизатор консистенции, применение которого в этом качестве разрешено во всех странах мира.

Каррагинан представляет собой высокомолекулярный линейный полисахарид, состоящий из повторяющихся единиц галактозы, 3,6-ангидрогалактозы (3,6-AG), сульфатной и несульфатной, соединенных между собой переменными  $\alpha$ -1-3-,  $\beta$ -1-4-гликозидными связями. Большинство красных водорослей, одобренных в качестве источников экстрактов, используемых в пищевой промышленности, содержат различное количество каррагинанов трех типов, известных как каппа, йота и лямбда. Основными отличиями, которые влияют на свойства каррагинанов этих типов, являются количество и расположение эфирных сульфатных групп на повторяющихся единицах галактозы.

Существует три основные разновидности водорослей, из которых получают каррагинаны:

*Chondrus crispus* – также известна как ирландский мох, небольшое кустистое растение высотой около 10 см, произрастает вдоль побережья Северной Атлантики, наиболее известная из всех красных водорослей; источник каппа- и лямбда-каррагинанов.

*Eucheuma* sp. – колючее кустистое растение высотой около 50 см, произрастает на коралловых рифах Дальнего Востока; источник каппа- и йота-каррагинанов.

*Gigartina* sp. – кустистое или листовое растение высотой до 5 м, произрастает в холодных прибрежных водах по всему земному шару; дает больше каррагинана, чем другие разновидности, источник каппа- и лямбда-каррагинанов.

**Получение.** Каррагинан представляет собой линейный полисахарид, количественное содержание которого составляет приблизительно 2–7% от массы морского растения и находится между целлюлозными волокнами. Для получения высококачественного каррагинана контроль качества сырья начинается уже при сборе водорослей. С этой целью водоросли после сбора и очистки быстро высушивают, тестируют и увязывают в тюки.

Подготовленные водоросли помещают в емкости для экстракции, в которых они подвергаются обработке в щелочных условиях в течение нескольких часов для получения оптимальных желирующих и вязкостных характеристик. После сушки каррагинан измельчают и передают на хранение.

**Химический состав и строение.** По химическому составу каррагинан представляет собой гидроколлоид, состоящий главным обра-

зом из калиевых, натриевых, магниевых и кальциевых сульфатных сложных эфиров галактозы.

$\kappa$ -Каррагинаны (йота-каррагинаны) образуют прочные гели в присутствии ионов кальция. Сами по себе гели – средней вязкости, достаточно эластичные, термообратимые, устойчивы к синерезису и стабильны к замораживанию и размораживанию (высокоочищенные каррагинаны SP-100, SP-95, 6309 – компания MSC, Южная Корея)

$\lambda$ -Каррагинаны (лямбда-каррагинаны) плохо растворимы в холодной воде, не желируют, образуют вязкие эластичные растворы (компания MSC, Южная Корея – каррагинаны 6067, 6108, 6174).

$\kappa$ -Каррагинаны (каппа-каррагинаны) образуют плотные прочные термообратимые гели, желируют только в присутствии ионов калия. Концентрация гелеобразования 0,2–0,3%. Гели нестабильны при замораживании и размораживании; становятся прозрачными при смешивании с сахаром.

Примерами могут служить рафинированные каррагинаны HGE, GHG, WG, HGE-I, HGE-F компании MSC.

$\kappa$ -Каррагинан стабилизирует консистенцию, повышает адгезию, вязкость и гелеобразующую способность, ВСС, а также частично проявляет эмульгирующую способность. Весьма эффективно использование  $\kappa$ -каррагинанов при дефиците белка (если количество последнего ниже 6%).

Оптимальный pH  $\kappa$ -каррагинана 9,5–10,2, но гель технологически устойчив в диапазоне pH 6,2–7,1. Изменение pH ухудшает гелеобразующую способность. Концентрация ККГ влияет на прочность и температуру плавления гелей.

При введении в рассолы каррагинаны сильно увеличивают их вязкость, что приводит к необходимости повышения давления вытеснения.

Для приготовления рассольных композиций выбирают рафинированные каррагинаны, которые образуют прозрачные гели и устойчивы к воздействию поваренной соли и явлению седиментации (осаждению) после окончания процесса перемешивания рассола.

Для фаршей в основном используют полурафинированные каррагинаны и их смеси.

Хранить готовые растворы гидроколлоидов длительное время не рекомендуется, так как они легко подвергаются микробиологической порче.

**Свойства каррагинанов** (табл. 14.3). Основные отличия, которые влияют на свойства каппа-, йота- и лямбда-каррагинанов, – это количество и расположение групп эфира серной кислоты на повторяю-

щихся единицах галактозы. Более высокие уровни содержания эфира серной кислоты снижают температуру растворения каррагинана и способствуют образованию менее упругих гелей или ингибированию процесса гелеобразования (особенно у лямбда-каррагинана).

#### 14.3. Свойства каррагинанов

Свойства каррагинана	Тип каррагинана		
	Каппа	Йота	Лямбда
Растворимость вода 80 °C	Да Растворим с солью $\text{Na}^+$	Да Растворим с солью $\text{Na}^+$	Да
вода 20 °C	Набухает с солями $\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{++}$ , $\text{NH}_4^+$	Набухает с солью $\text{Ca}^{++}$ для получения тиксотропной дисперсии	
5% раствор сахара	Горячий	Нет	Да
5% раствор поваренной соли			
горячий	Набухание	Набухание	Растворим
холодный	Нет	Нет	Растворим
Образование геля – нагревание до 80 °C/охлаждение до < 49 °C			
Самые прочные гели	С ионами $\text{K}^+$	С ионами $\text{Ca}^{++}$	Не гель
Структура геля	Ломкий	Эластичный	Не гель
Синерезис	Да	Нет	Нет
Устойчивость при замораживании–оттаивании	Нет	Да	Да
Синергизм с камедью рожкового дерева	Да	Нет	Нет
Взаимодействие с молочными белками	Ломкий гель	Эластичный гель	Слабый гель
Горячие растворы	Нет	Нет	Нет
Гели	Устойчивы при pH более 3,8	Устойчивы при pH более 3,8	Неприменимы

**Примечание.** Гидролиз при низком уровне pH протекает быстрее под действием высоких температур.

**Тиксотропность.** При низких концентрациях водные гели, обработанные йота-каррагинаном, обладают тиксотропными реологическими свойствами. Их можно разжижать путем перемешивания или среза и снова получить гель, когда масса остается неподвижной. Данное тиксотропное свойство особенно важно, так как помогает стабилизировать системы (приостановление движения нерастворимых частиц).

Водные гели, образованные каппа-каррагинанами, не являются тиксотропными: при разрыве структура геля не восстанавливается, если только гель снова не нагреть и затем охладить.

**Структура геля.** В производстве используют три вида каррагинанов, обладающих различными свойствами: каппа образует жесткий и ломкий гель, слегка мутный, становится прозрачным при смешивании с сахаром; йота позволяет получить эластичный, упругий прозрачный гель, устойчивый при замораживании-оттаивании; лямбда образует практически бесформенный гель, обладает высокой вязкостью, не желирует, плохо растворяется в воде.

Поваренная соль оказывает отрицательное влияние на гелеобразующую способность каррагинана, при концентрации 5% и более он теряет растворимость; сахар оказывает такое же влияние.

κ-Каррагинаны имеют температуру растворения выше 66–70 °С. Оптимальной температурой является 80 °С. После охлаждения желирование системы происходит при температуре от 45 °С. Температура плавления геля каррагинана 54 °С. Гели не обладают тиксотропией.

Уровень ЖУС – 0,5–1,2 г жира на 1 г препарата.

κ-Каррагинаны не только могут образовывать индивидуальные матриксы, но и способны формировать комплексы с крахмалами и казеином молока за счет наличия ионов калия, а также с модифицированными крахмалами, молочно-белковыми препаратами и соевыми белками, что приводит к повышению эластичности и прочности гелей.

Структуру геля, образованного основными каррагинанами, можно изменять путем смешивания каррагинанов разных типов с другими видами пищевых гидроколлоидов так, чтобы структура отвечала определенным параметрам за счет эффекта синергизма (табл. 14.4). Гель можно сделать более или менее эластичным, смешивая каппа- и йота-каррагинаны, пока не будет получена желаемая структура. При смешивании с другими гидроколлоидами (камедями, целлюлозой и др.), помимо улучшения структуры, увеличивается влагоудерживающая способность каррагинанов. Гели, образованные каррагинанами, являются термически обратимыми, они становятся жидкими при нагревании до температуры выше той, которая составляет их точку плавления, и опять становятся твердыми при охлаждении. Потери первоначальной упругости геля в этом случае минимальны.

**Факторы, влияющие на структуру геля.**

**Катионы.** По мере увеличения концентрации катионов улучшается растворимость, увеличивается температура гелеобразования и повторного плавления.

#### 14.4. Состав смесей и свойства гелей

Состав композиции	Свойства получаемых гельных систем
κ- и ι-каррагинаны	Повышенная эластичность геля
κ-Каррагинан, ксантан, гуммиарабик	Повышает упругость геля, снижает синерезис, повышает устойчивость к сахару и поваренной соли
κ-Каррагинан, гуммиарабик	Величина ККГ уменьшается в 2,5 раза, повышает солеустойчивость
κ-Каррагинан, ксантан, KCl	Снижает ККГ, повышает пластичность гелей
κ-Каррагинан, NaCl	Повышает температуру плавления, уровень ККГ, снижает структурно-механические свойства, снижает степень синерезиса
κ-Каррагинан, крахмал	Улучшаются структурно-механические свойства, в 10 раз повышается вязкость системы
κ-Каррагинан, моносахариды (глюкоза, моноза, рибоза)	Повышает прочность геля и температуру плавления, снижает ККГ
κ-Каррагинан + пищевые фосфаты	Снижает степень синерезиса при замораживании, повышает температуру плавления геля
κ-Каррагинан + пищевые кислоты	Увеличивает рыхлость геля, ухудшаются прочностные характеристики
κ-Каррагинан + конжак + камедь рожкового дерева	Повышается ВСС, эластичность гелей
κ-Каррагинан + ксантан в соотношении 1:90	Отсутствие синерезиса в процессе хранения
κ-Каррагинан + КМЦ в соотношении 1:5	То же

**Ионы калия** необходимы для эффективного гелеобразования. Благодаря содержанию ионов калия увеличивается упругость получаемого геля.

**Температура.** Как было сказано выше, водные гели, образованные каррагинанами, являются термически обратимыми. Гели могут быть подвергнуты повторному нагреванию/охлаждению, что лишь немного повлияет на их структуру (при нейтральном pH). Температуры гелеобразования и плавления зависят от концентрации катионов. Повышенное содержание кальция и калия в водном растворе приводит к увеличению температуры гелеобразования. Это позволяет регулировать температуры гелесобразования и плавления с целью согласования параметров переработки. Большинство других гидроколлоидов не обладают подобной гибкостью.

**Сахара.** Высокий уровень содержания сахара, обычного компонента многих пищевых гелей, уменьшает растворимость каррагина-

на. Его следует растворять в воде, если концентрация сахара в пищевой системе выше 50% от готового продукта.

*Синергизм с другими камедями.* При взаимодействии каппа-каррагинана с камедью рожкового дерева и конжаком проявляется эффект синергизма. Их взаимодействие значительно увеличивает упругость геля, улучшает влагосвязываемость и делает структуру геля более эластичной.

*Синергизм с крахмалом.* Йота-каррагинан увеличивает вязкость крахмальных систем. Она становится в 10 раз выше вязкости, которую дает один крахмал. Каррагинан можно использовать для изменения структурных, вкусовых и технологических свойств крахмальной системы. Увеличенная вязкость позволяет снизить общее содержание крахмала, чаще всего на 35–40%, а также улучшить структуру и аромат готового продукта.

*Влияние pH.* Растворы и гели, образованные каррагинаном, устойчивы при комнатной и пониженной температурах. При высокой температуре растворы каррагинана, содержащие подкислители, в некоторой степени теряют вязкость и потенциальную упругость геля. При низком уровне pH рекомендуется добавлять подкислитель на последнем этапе или непосредственно перед упаковкой в емкости.

#### *Правила работы с каррагинанами.*

Норма закладки каррагинана составляет, как правило, от 0,3 до 2,5%.

Можно использовать каррагинаны в сухом гидратированном виде и в составе рассолов. При гидратации каррагинан желательно сначала растворить в холодной воде, а затем нагреть до 77–80 °C, охладить до температуры 30–40 °C и после этого уже вводить в мясную систему.

В рассолы каррагинаны желательно вводить с сахарами и другими порошкообразными препаратами.

*Растворение.* Каррагинан следует разводить в холодной воде, а затем нагревать до температуры растворения, чтобы добиться оптимальной функциональности. Температура растворения зависит от уровня содержания ионов калия и кальция, типа каррагинана, концентрации поваренной соли в воде. Как каппа-, так и йота-каррагинаны для полной растворимости обычно требуется нагреть до 77–79 °C.

Для более легкого растворения и во избежание комкования необходимо соблюдать одну из приведенных ниже рекомендаций:

- предварительно смешать каррагинан с диспергирующим веществом, например, с сахаром (взять минимум 3 части каррагинана к массе сахара) перед тем как растворять в холодной воде или мо-

локе. Каррагинан также можно смешать с сухими ингредиентами, входящими в состав рецептуры, чтобы избежать комкования;

- суспендировать каррагинан в растворе сахара, поваренной соли или глицерине (если присутствует в рецептуре). Эти ингредиенты замедляют процесс гидратации каррагинана, что способствует более легкому растворению;
- медленно добавлять каррагинан в быстро перемешиваемую жидкость;
- энергично перемешивать высокоскоростным миксером;
- нагревать каррагинан при 82 °C до растворения – в том случае, если он по технологической инструкции не должен быть растворен холодным способом или набухнуть.

При растворении холодным способом каррагинан медленно добавляют в холодную воду и перемешивают. Рекомендуется предварительное смешивание с сахаром.

*Смешивание.* Медленно добавлять каррагинан в воду и быстро перемешивать, не допуская комкования, стараясь растворить его как можно быстрее.

*Использование каррагинанов в производстве эмульгированных и цельномышечных мясопродуктов.* Чтобы придать мясным продуктам желаемую консистенцию или улучшить ее, применяют в первую очередь загустители, эмульгаторы и стабилизаторы. Принцип и механизм действия этих добавок основан на изменении коллоидных систем мясных продуктов. Загустители образуют с водой высоковязкие растворы, а гелеобразователи и желирующие агенты – гели. В обоих случаях вода оказывается связанный, так что в коллоидной системе она теряет свою подвижность, консистенция и структура мясного продукта изменяются.

Замена части сырья гидратированным каррагинаном (в пределах 15–30% от содержания белка) также способствует улучшению (уплотнению) консистенции и оказывает положительное влияние на структуру и вкусовые свойства продукта.

Использование 0,15–0,5% высокоочищенных каррагинанов (Е407) в рецептуре колбасных изделий, ветчин, копченостей и мясных консервов позволяет говорить об экономии сырья, так как 1 кг высокоочищенных каррагинанов заменяет от 70 до 100 кг мяса.

Показано, что хотя стоимость комплексных препаратов, в состав которых входят каррагинаны разной степени очистки, ниже стоимости высокоочищенных каррагинанов, использование последних (учитывая их уменьшенную дозировку по сравнению с комплексными препаратами) для предприятия выгоднее:

- дешевле на 20–25% на 1 т мясной продукции;

- качество готовой продукции лучше из-за высокой степени очистки и совместимости с другими ингредиентами.

#### *Использование каррагинанов в производстве мясных консервов.*

Благодаря своим желирующим свойствам каррагинаны нашли применение в производстве не только колбасных изделий, ветчин и колбасностей, но и мясных консервов, таких как свинина и говядина в собственном соусе. По исследованиям профессора Вирса (1970 г.), добавление 0,1% каррагинана в рецептуру мясных консервов улучшает температурную стабильность указанных продуктов, приводит к образованию желе устойчивой консистенции, которая не изменяется при температуре хранения до 40 °C; желе имеет хорошую обратимость при повторном нагревании до 80 °C.

*Использование каррагинанов в производстве мясных рубленых и полуфабрикатов в тесте.* Каппа-йота-каррагинаны используют при производстве мясотестовых полуфабрикатов: они улучшают растяжимость теста при его приготовлении, препятствуют возникновению трещин при замораживании и сохраняют целостность формы при термообработке.

Для производства рубленых полуфабрикатов применяют йота-каррагинаны типа SP-100, SK-100, а также каппа-йота-каррагинаны типа CST, CSP.

Для натуральных полуфабрикатов используют высокорастягимые йота- или каппа-йота-каррагинаны, такие как SP-100, SK-100, CS-211. Благодаря способности набухать в холодной воде они могут хорошо удерживать воду уже на стадии инъектирования, препятствуют ее миграции при последующем замораживании–оттаивании и термообработке полуфабрикатов.

При составлении рассола для инъектирования натуральных полуфабрикатов используют йота- или каппа-йота-каррагинаны в смеси с камедью конжака.

Использование стабилизирующих систем на основе каррагинанов при производстве полуфабрикатов существенно (на 20–25%) повышает выход продуктов.

Как показывает анализ литературных данных и практический опыт в области исследования структуры и свойств гидроколлоидов, использование каррагинанов в пищевой и мясоперерабатывающей промышленности позволяет получить продукты питания с высокими качественными характеристиками и гарантированным уровнем безопасности.

#### *6. Пищевые гидроколлоиды микробного происхождения.*

*Ксантановая камедь* (E415) – наполнитель, загуститель, хороший стабилизатор пен, суспензий, эмульсий. Обладает высокой вы-

раженной псевдопластичностью. Плохо растворима в воде, загустевает через 30–40 мин при температуре 0–4 °C.

На функциональные свойства ксантана не оказывает влияния введение поваренной соли и сахара, изменение pH среды.

Ксантан пригоден для использования в технологии производства соесодержащих продуктов.

Проявляет синергизм с камедью рожкового дерева.

*Геллан* – гелеобразователь, стабилизатор, наполнитель. Образует вязкие растворы при нагревании и охлаждении.

Гели устойчивы к разрезу, склонны к синерезису, проявляют синергизм к ксантану, камеди рожкового дерева, модифицированным крахмалам.

Введение ионов кальция в среду гидратации или их наличие в пищевых системах оказывают существенное влияние на свойства получаемых гелей.

#### *2. Природные модифицированные гидроколлоиды.*

*Метилцеллюлоза* (E461) вырабатывается из древесины и хлопкового волокна. Загуститель, стабилизатор, образует вязкие растворы в холодной воде, поглощает воду в соотношении 1 : 50. Является защитным гидроколлоидом, хорошим пластификатором; способна образовывать обратимые гели.

Оптимум проявления функциональных свойств при pH от 5,5 до 8,0. Обладает свойствами поверхностно-активных веществ, величина ККГ 0,2–0,3%. Технологически приемлема для производства замороженных мясопродуктов, заменителей жира (в качестве пластификатора); используется также для снижения адгезии и регулирования величины активности воды  $A_w$ .

*Карбоксиметилцеллюлоза* (E466) хорошо растворяется в воде, образуя прозрачные вязкие растворы. Проявляет высокую ВСС, тиксотропные свойства; препятствует росту кристаллов льда при замораживании пищевых продуктов.

Проявляет синергизм и склонность к комплексообразованию с молочными белками и ионами кальция, образуя гели с очень высокой ВСС (до 1 : 150–200).

Технологически используется как загуститель фаршей, криопротектор и средство для снижения адгезии фаршей к оболочкам.

*Микрокристаллическая целлюлоза* (E460i) представляет собой частично гидролизованную кислотой по аморфным участкам целлюлозу.

Нерастворима в воде, однако имеет высокую ВСС (1,6 г воды на 1 г препарата), ЖУС (0,5 г на 1 г препарата). Уровень оптимальной гидратации 1 : 1,5.

Микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ) имеет микропористую структуру, объем и размер пор которой характерен только для веществ с малым размером молекул, что определяет ее низкую адсорбционную способность.

МКЦ свойственны пребиотические свойства, так как она не подвергается гидролизу пищеварительными ферментами человека и служит синергистом – субстратом для роста определенных видов микроорганизмов, заселяющих толстый кишечник.

МКЦ применяют в технологии мясопродуктов для улучшения реологических характеристик, повышения выхода готовой продукции, как криопротектор. Установлено, что при концентрации МКЦ более 2% в мясопродуктах возрастает количество остаточного нитрита натрия.

Технологическая дозировка МКЦ не должна превышать 1%.

Наиболее эффективным считают использование МКЦ в составе белково-жировых эмульсий с соотношением ингредиентов – МКЦ (1 часть) : соевая мука или концентрат (2 части) : вода (6 частей) : 4–6 г жира.

**Модифицированные крахмалы.** В настоящее время модифицированные крахмалы представлены в классификаторе ФАО/ВОЗ Codex Alimentarius более чем 50 наименованиями (от Е1400 по Е1450).

Интерес к модифицированным крахмалам в мясной отрасли с каждым годом возрастает в связи с тем, что некоторые типы модифицированных крахмалов, в отличие от нативных, кроме гелеобразующей, водо связывающей и стабилизирующей способностей, обладают также выраженной жироудерживающей либо эмульгирующей способностями, что имеет принципиально важное значение в условиях переработки жirosодержащего мясного сырья.

Кроме того, у ряда модифицированных крахмалов температура гелеобразования находится в диапазоне 58–60 °C (не выше 70 °C). Модифицированные крахмалы устойчивы к изменениям величины pH и ионного состава среды, имеют малый синерезис, стойки к процессам замораживания и размораживания.

Модификацию структуры и свойств крахмалов осуществляют следующими способами:

- ферментативным (биотехнологическая);
- химическим (под воздействием кислот и щелочей);
- физическим (нагрев и механическая обработка).

**Цель модификации** – изменение температуры клейстеризации, вязкости, степени растворимости в холодной воде, придание эмульгирующих свойств, повышение устойчивости к синерезису, высоким температурам, процессам размораживания и замораживания, изменению pH.

В зависимости от способа модификации и полученных функционально-технологических свойств модифицированные крахмалы подразделяются на 4 основных типа:

- набухающие (производятся методом экструзии либо вальцевым методом). Эти крахмалы образуют гели в холодной воде, легко комкуются и имеют несколько зерновой привкус;
- расщепленные (подвергнутые кислотному либо ферментативному гидролизу). Образуют прочные гели, однако неустойчивы к процессу синерезиса;
- спищие (фосфатированные или ацетилированные), которые называют крахмалофосфатными или фосфатными эфирами крахмала;
- стабилизированные (методы стабилизации: кросс-линкование и ацетилирование).

В мясной отрасли наиболее распространен Х-амило-100, представляющий собой модифицированный перекрестно-спищий картофельный крахмал горячего набухания. Температура гелеобразования 50 °C, ВСС – от 4–7 г воды на 1 г крахмала, ЖУС – 1,4–2,5 г/г, ККГ – 4,2%.

Наиболее употребляемым методом модификации является **кросс-линкование**. При кросс-линковании между цепочками крахмала образовываются химические связи (рис. 14.4). Они связываются своеобразными «мостиками» фосфата.

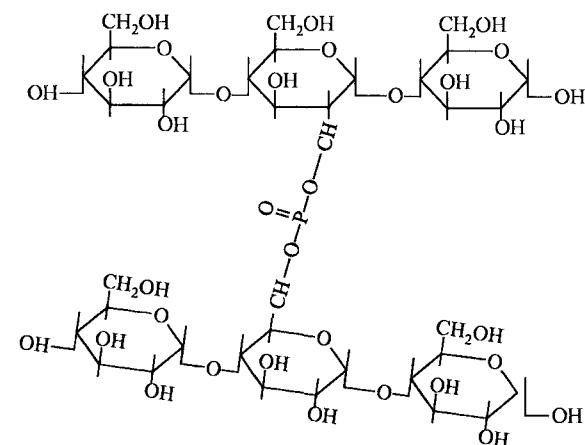


Рис. 14.4. Химическая структура кросс-линкования

В результате кросс-линкования можно получить крахмал со иными свойствами, по сравнению с нативным крахмалом:

- более короткая текстура;
- стабильность на низком pH уровне;
- стабильность при нагревании и интенсивной механической обработке.

Кросс-линкованные крахмалы (E1412) обычно используются в производстве мясных продуктов, требующих длительной тепловой обработки или обработки в автоклаве (например, тушеные продукты).

**Ацетилирование.** После нагревания до кипения и последующего охлаждения нативный крахмал ретроградирует (т. е. возвращается в свое первоначальное состояние), что может снова привести к синерезису; таким образом, крахмал теряет способность удерживать влагу.

Для того чтобы избежать ретроградации и, следовательно, синерезиса, крахмал можно стабилизировать. Существует несколько способов стабилизирования крахмала. Один из них – метод ацетилирования (рис. 14.5).

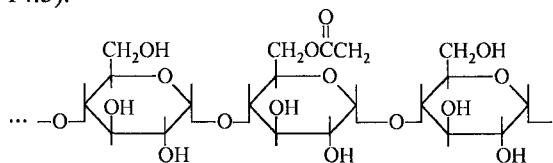


Рис. 14.5. Химическая структура ацетилирования

При ацетилировании крахмала образуются химические соединения – ацетиловые группы, которые ведут себя как репеллент (имеют отталкивающее свойство), удерживающая цепочки крахмала от разрушения и тем самым освобождая воду.

Ацетилированные крахмалы имеют следующие свойства (в сравнении с нативным крахмалом):

- повышенную устойчивость к ретроградации;
- более низкую температуру гелеобразования;
- большую прозрачность;
- повышенную эластичность.

Стабилизированные крахмалы обычно применяют в производстве замороженных мясных продуктов.

Данные виды крахмалов устойчивы к изменениям pH от 5 до 9,0, не изменяют свойств при температуре среды от 50 до 120 °C и в присутствии поваренной соли в концентрации 5–6%.

Величина pH модифицированных крахмалов – 8,6. Образуемые гели – упругие, нетиксотропные, некоторые неустойчивы к синерезису.

Наиболее прочные гели характерны для коэффициента гидратации 1 : 6.

Применяются как эмульгаторы и пищевые добавки, увеличивают устойчивость мясопродуктов к воздействию процесса замораживания–размораживания. В частности, если потеря воды при однократном цикле оттаивания в обычном крахмале составляет около 8%, то у модифицированного крахмала эти потери практически отсутствуют. При двукратном оттаивании у нативных крахмалов отделение воды составляет 42–45%, у модифицированных – отсутствует.

К липофильным (эмульгирующим) модифицированным крахмалам относятся: Ultra SWS (Англия); Ultra tekst 1, Ultra sperse, Adamil 2075 (Дания); Puriki gum S 539, N-hans (Франция).

Последние два типа модифицированных крахмалов успешно стабилизируют эмульсию модифицированный крахмал : жир : вода в соотношении 1 : 8 : 8 и полностью реализуют функционально-технологические свойства при температуре 68 °C.

Следует отметить, что превышение рекомендуемых дозировок использования модифицированных крахмалов (1–1,5%) может привести к ухудшению структурно-механических свойств мясных продуктов и вызвать появление следов («растяжек») на колбасных батонах.

Популярным становится использование модифицированных крахмалов в рубленых полуфабрикатах, в частности, в гамбургерах, для снижения степени объемного сжатия их при термообработке. В рубленые полуфабрикаты вводят до 1,5% модифицированных крахмалов группы Е1440 – Е1442 или Е1443, устойчивых к варке и стерилизации, которые снижают объемное сжатие с 30–35% (контроль) до 12–15% в опытной партии готовой продукции.

**3. Синтетические гидроколлоиды:** поливинилпирролидон (ПВП), полиэтиленксит.

Препараты обладают высокой вязкостью, ВСС, однако в технологии мясопродуктов практически не используются.

Одним из негативных свойств большинства вышерассмотренных гидроколлоидов является их способность к синерезису, т. е. к выделению свободной воды из структурированной системы в процессе хранения.

Синерезис проявляется в виде самопроизвольного сжатия («стягивания») структурной сетки, образованной высокомолекулярными соединениями.

Количество выпрессовываемой в процессе хранения воды может достигать от 0,4 до 10–12% от общего количества воды, содержащейся в мясных системах.

Менее устойчивы к процессу синерезиса клейстеры, образованные нативным крахмалом, более устойчивы – гели, образованные конжаком.

Проявление процесса синерезиса, как правило, наблюдается на 1-е, 3–7-е и 14-е сутки хранения гелей, структурированных систем, либо готовой продукции.

В результате синерезиса у деликатесной группы мясных изделий могут появиться деформация и усадка, у колбасных батонов в полимерной оболочке – следы видимой жидкости. Все это приводит к ухудшению товарного вида, органолептических показателей готовой продукции и провоцирует развитие гнилостных микроорганизмов.

Следует отметить, что на степень синерезиса оказывает влияние ряд факторов, которые следует учитывать при выборе пищевых гидроколлоидов:

- **вид гидроколлоида.** Все пищевые гидроколлоиды имеют разную склонность к синерезису. В частности, большую склонность к синерезису проявляет крахмал, минимальную – конжак. Для снижения явления синерезиса к-каррагинан часто комбинируют с другими препаратами, аналогичными по происхождению.

Известно, что снижению синерезиса у к-каррагинанов способствует добавление КМЦ, в меньшей степени – гуаровой камеди, камеди рожкового дерева, йота-каррагинана и ксантана;

- **концентрация гидроколлоида.** Синерезис имеет место при низких концентрациях гелеобразователя.

Известно, что при концентрации больше 1,5% у к-каррагинанов синерезис практически отсутствует;

- **уровень величины pH и солевой состав среды.** Как отмечалось выше, для каждого вида пищевых гидроколлоидов характерен свой оптимальный уровень pH. Одновременно большая часть гидроколлоидов неадекватно воспринимает наличие в среде гидратации катионов различных металлов.

Каррагинаны калийзависимы, альгиновая кислота – кальцийзависима;

- **продолжительность и температура хранения.** Установлено, что степень синерезиса возрастает по мере увеличения продолжительности хранения и повышения температуры. При этом существенное влияние на степень отделения свободной жидкости оказывает колебание температуры в процессе хранения;
- **наличие сил адгезии и избыточного давления.** У колбасных изделий в полимерных оболочках и мясопродуктов в вакуумной упаковке, степень синерезиса резко возрастает.

## ЛЕКЦИЯ 15

### ПИЩЕВЫЕ ВОЛОКНА. ПРЕПАРАТЫ КЛЕТЧАТКИ

С появлением теории адекватного питания, сформулированной российским физиологом А.М. Уголевым в 80-х годах XX в., роль балластных веществ в системе питания человека стала общепризнанной. Согласно концепции здорового питания, пищевые волокна относятся к группе физиологически функциональных ингредиентов.

По определению, пищевое волокно представляет собой съедобные части растений или аналогичные углеводы, устойчивые к перевариванию и адсорбции в тонком кишечнике человека, полностью или частично ферментируемые в толстом кишечнике.

К пищевым волокнам относятся полисахариды, олигосахариды, лигнин и ассоциированные растительные вещества.

Специфическими физиологическими функциями пищевых волокон являются:

- стимуляция кишечной перистальтики;
- адсорбция токсичных продуктов, в том числе продуктов неполного переваривания, радионуклидов, некоторых солей тяжелых металлов и канцерогенных веществ, их выведение из организма;
- интенсификация обмена желчных кислот, регулирующего уровень холестерина и глюкозы в крови;
- снижение доступности макронутриентов (жиров и углеводов) действию пищеварительных ферментов, предотвращающих резкое повышение их содержания в крови;

- питательный субстрат для кишечных микроорганизмов, деятельность которых обеспечивает поступление в организм заменимых вторичных нутриентов (витамины группы В и D и др.).

В соответствии с современными рекомендациями ФАО/ВОЗ, суточная потребность взрослого человека в пищевых волокнах составляет от 25 до 38 г, причем существующие тенденции к обогащению пищевых продуктов пищевыми волокнами подразумевают, что продукция, содержащая 3% пищевых волокон, рассматривается как источник этого функционального ингредиента; при содержании 6% пищевых волокон продукт считается обогащенным ими.

При рассмотрении основных функционально-технологических свойств пищевых гидроколлоидов было отмечено, что некоторые из них (и в первую очередь препараты полисахаридной природы – гуммиарабик, гуара, каррагинан и др.), не только способны выполнять функцию стабилизаторов, но и являются пищевыми волокнами.

Данное обстоятельство широко используется при разработке рецептур и технологий пищевых продуктов функционального назначения с пониженной калорийностью и заданным химическим составом.

Следует отметить также, что параллельно с пищевыми гидроколлоидами существует группа добавок к пище, представляющих собой пищевые волокна (препараты клетчатки), которые широко используются в технологии мясопродуктов.

Рассматривая пищевые волокна и препараты клетчатки с медико-биологических позиций, нельзя забывать и об их выраженных позитивных функционально-технологических свойствах.

Для большинства препаратов клетчатки характерны: высокие ВСС, ВУС, ГС (гелеобразующая способность), устойчивость к высоким температурам, к процессам размораживания и замораживания.

Пищевые волокна оказывают стабилизирующее действие на свойства пищевых дисперсных систем, улучшают структуру, усиливают вкусовое восприятие продукта.

Установлено, что некоторые из препаратов клетчатки обладают определенным уровнем ЖУС.

В табл. 15.1 приведены основные функционально-технологические характеристики различных видов препаратов клетчатки.

В зависимости от вида и происхождения качественный состав клетчатки существенно меняется. Фруктовые и овощные виды клетчатки содержат больше пектина, а клетчатка, полученная из злаковых, содержит больше нерастворимой целлюлозы и гемицеллюлозы.

### **15.1. Функционально-технологические характеристики различных видов клетчатки**

Вид клетчатки	ВУС, г/г	ЖУС, г/г	Уровень гидратации
Пшеничная	8,2	4,8	1 : 6
Соевая	5	0,8	1 : 4,5
Лимонная (цитрусовая)	10–19	—	—
Яблочная	до 4	—	—
Гороховая	до 5	—	—
Овсяная	до 6,2	—	—
Тростниковая	до 10	—	1:10
Отруби пшеничные	1,2–1,5	Отсутствует	—
Свекольные волокна	4,3–5,3	0,96	1 : 3,5
Пищевые волокна гороха	1–1,2	—	Отсутствует
Морковные волокна	10–12	—	—
Микрокристаллическая целлюлоза	1,6	0,54	1 : 1,5

Количественное содержание пищевых волокон в различных видах пищевого растительного сырья, которое может использоваться в колбасном производстве, также существенно различается. В частности, в крупах содержание пищевых волокон достигает 6%, в пшеничных отрубях – 24%, в овощах (капуста, лук, огурцы, баклажаны) – 3,8%, во фруктах (яблоки, груши, сливы) – 3,5%. В данных видах сырья пищевые волокна представлены гемицеллюлозой, целлюлозой, пектиновыми веществами и лигнином.

С учетом приведенных выше характеристик коммерческих препаратов клетчатки, а также количественного содержания пищевых волокон в различных видах пищевого растительного сырья у технолога имеется возможность обоснованно подойти к выбору вида и дозировки пищевых волокон в составе рецептуры пищевых продуктов функционального назначения.

**Список литературы**

1. Бражников А.М., Рогов И.А. О возможности проектирования комбинированных мясных продуктов // Мясн. индустрия СССР. – 1985. – № 5. – С. 23–25.
2. Булдаков А.С. Пищевые добавки. Справочник. – СПб.: Ut, 1996. 240 с.
3. Воякин М.П. и др. Особенности технологии колбасных изделий заданного химического состава. ЦНИИТЭИ. Обзор. инф. – М., 1982. – 36 с.
4. Голубев В.Н. Основы пищевой химии: Курс лекций для студентов высших учебных заведений. – М.: МГЗИПП, 1997. – 224 с.
5. Жаринов А.И. Основы современных технологий переработки мяса. Часть I. Эмульгированные и грубоизмельченные мясопродукты. – М.: ИТАР-ТАСС, 1994. – 154 с.
6. Жаринов А.И., Веселова О.В. – Специфика состава и свойств пищевой поваренной соли. Мясн. индустрия. – 2003. – № 6. – С. 27–29.
7. Жаринов А.И., Веселова О.В. Влияние ионов  $K^+$  и  $Ca^{++}$  на процесс гелеобразования к-каррагинанов и свойства полученных гелей // Пища. Экология. Человек: материалы 5-й международной науч.-техн. конф. – М., 2003. – С. 11–12.
8. Жаринов А.И., Горлов И.Ф., Нелепов Ю.Н., Соколова Н.А. Пищевая биотехнология: научно-практические решения в АПК. – М.: Вестник РАСХН, 2007. – 476 с.
9. Жаринов А.И., Кудряшов Л.С. Что надо знать о парном мясе // Мясн. индустрия. – 2005. – № 6. – С. 19–22; № 7. – С. 16–19.
10. Жаринов А.И., Кузнецова О.В., Черкашина Н.А. Основы современных технологий переработки мяса. Ч. II. Цельномышечные реструктурированные мясопродукты. – М.: ИТАР-ТАСС, 1997. – 180 с.
11. Жаринов А.И., Соколова Н.А. Белково-коллагеновые эмульсии: особенности состава, способов получения и использования // Вестник Аромарос-М. – 2007. – № 2. – С. 38–60.
12. Жаринов А.И., Соколова Н.А. Формы связи влаги в мясе и мясопродуктах // Вестник Аромарос. – 2004. – № 3. – С. 58–64; № 4. – С. 37–47.
13. Жаринов А.И., Хлебников И.В., Мадалиев И.К. Вторичное белокодержащее сырье: способы обработки и использования // Мясн. пром-сть. – 1993. – № 2. – С. 22–24.
14. Жаринов А.И., Юрков С.Г. Технико-технологические аспекты приготовления мясных эмульсий // Мясн. индустрия. – 2006. – № 1. – С. 31–34; № 2. – С. 22–25.
15. Заяс Ю.Ф. Качество мяса и мясопродуктов. – М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1981. – 480 с.
16. Кармас Э. Технология колбасных изделий. – М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1981. – 256 с.
17. Кох Г., Фукс М. Производство и рецептуры мясных изделий. Мясная гастрономия / Г. Кох, М. Фукс; пер. с нем. – СПб.: Профессия, 2005. – 656 с. – (Серия «Научные основы и технологии».)
18. Нечаев А.П., Кочеткова А.А., Зайцев А.Н. Пищевые добавки. – М.: Колос; Колос-Пресс, 2002. – 256 с.
19. Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Пищевая химия / под ред. А.П. Нечаева. – изд. 3-е, испр. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 640 с.
20. Новые тенденции в использовании соево-белковых изолятов в современных процессах переработки мяса: Руководство по практическим аспектам производства мясопродуктов для технологов мясной промышленности // Протеин технолоджиз Интернэшнл.
21. Петровский К.С., Ванханен В.Д. Гигиена питания. – М.: Медицина, 1982. – 582 с.
22. Рогов И.А. и др. Биотехнология в мясной промышленности. – М.: ЦНИИ ТЭИ мясомолпром, 1986. – 28 с. – (Мясн. пром-сть: информац. обзор).
23. Рогов И.А., Жаринов А.И. Изготовление колбас и мясных деликатесов. – М.: Профиздат, 1994. – 144 с.
24. Рогов И.А., Жаринов А.И. О тех, кто работает в мясной промышленности. – М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1982. – 224 с.
25. Рогов И.А., Жаринов А.И. Технология и оборудование мясоконсервного производства. – М.: Колос, 1994. – 270 с.
26. Рогов И.А., Жаринов А.И., Воякин М.П. Химия пищи. – СПб.: Издательство РАПП, 2008. – 340 с.
27. Рогов И.А., Жаринов А.И., Козюлин Г.П. Технология мяса и мясопродуктов. Кн. 2. – М.: КолосС, 2009. – 711 с.
28. Рогов И.А., Забашта А.Г., Алексахина В.А., Титов Е.И. Технология и оборудование колбасного производства. – М.: Агропропиздат, 1989. – 351 с.
29. Салаватулина Р.М. Рациональное использование сырья в колбасном производстве. – 2-е изд. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 248 с.

30. Сарафанова Л.А. Применение пищевых добавок. Технические рекомендации. – 4-е изд., расш. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2001. – 176 с.
31. Серкл С.Д., Смит А.К. Соевые бобы: переработка и продукты // Источники пищевого белка. – М.: Колос, 1979. – С. 67–87.
32. Соколов А.А. Физико-химические и биохимические основы технологии мясопродуктов. – М.: Пищ. пром-сть, 1965. – 490 с.
33. Соколова Н.А. Разработка рецептур и технологий сыропечных мясопродуктов с использованием водно-спиртовых настоев трав семейства LABIATAE: автореф. дис.... канд. техн. наук. – М., 1998. – 21 с.
34. Справочник по гидроколлоидам / Филлипс Г.О., Вильямс П.А.; пер. с англ. под ред. Кочетковой А.А., Сарафановой Л.А. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 536 с.
35. Текутьева Л.А. Разработка технологии сыропеченных мясопродуктов на основе комплексного использования стартовых культур и дальневосточных бальзамов: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2003. – 133 с.
36. Текутьева Л.А., Поцелуева Н.В. Высокоочищенные каррагинаны – скрытый резерв экономической эффективности // Мясной ряд. – 2003. – № 3. – С. 36–37.
37. Технология мяса и мясопродуктов: Учебник для вузов / под ред. И.А. Рогова. – М.: ВО Агропроиздат, 1988. – 576 с.
38. Уайт А., Хендлер Ф., Смит Э. Хилл Р. Леман И. Основы биохимии. В 3-х т. – М.: Мир, 1981.
39. Функциональные продукты: докл. междунар. науч. конф. – М.: Всерос. науч.-исслед. ин-т мясн. пром-сти им. В.М. Горбатова, 2001. – 295 с.
40. Химический состав пищевых продуктов: Справочник. Кн. 1 / под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. – М.: ВО Агропроиздат, 1987. – 360 с.
41. Химический состав пищевых продуктов: Справочник. Кн. 2 / под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. – М.: ВО Агропроиздат, 1987. – 224 с.
42. Шульц Г., Ширмер Р. Принципы структурной организации белков. – М.: Мир, 1982. – 279 с.
43. Doolittle R.F. Fibrinogen and fibrin // Ann. Rev. Biochem. 1984. V. 53. – P.53, 195–229.
44. FAO/WHO. Aminoacid content of food and biological data on proteins // Nutritional Stud. – 1970. – № 24.

45. FAO/WHO. Energy and protein requirements Report of a Joint FAO/WHO // Expert Committee Nutrition Meeting Report Series. Roma. – 1973. № 12
46. Lamine W.H. Food in the year 2000 // Food Engineering. – 1985. – V. 90. – № 5.
47. Martin Glocksmann // Utilization of seaweed hydrocolloids. Twelfth International Seaweed Symposium, The Netherlands, 1987. – P. 31–46.
48. Review papers and abstracts of the 30<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology, Calgary, Alberta, Canada, Aug. 1–6, 1993.
49. Widmer – Pedersen, J. and K. Nonnemann // Using animal blood in the manufacture of meat products, Fleischwirtschaft, – 1980. – 60(2). – P. 231 232, 244 245, 247.

## Учебное издание

### Содержание

<b>Введение .....</b>	<b>5</b>
<b>Лекция 1. Состав, свойства и структура мяса .....</b>	<b>7</b>
<b>Лекция 2. Изменение состава, свойств и структуры мяса под воздействием биохимических процессов.....</b>	<b>35</b>
<b>Лекция 3. Особенности технологического использования парного мяса. ....</b>	<b>55</b>
<b>Лекция 4. Водосвязывающая способность (ВСС) мяса.....</b>	<b>68</b>
<b>Лекция 5. Научно-практические основы процесса приготовления мясных эмульсий.....</b>	<b>89</b>
<b>Лекция 6. Технико-технологические аспекты приготовления мясных эмульсий.....</b>	<b>109</b>
<b>Лекция 7. Особенности современных способов получения мясных эмульсий.....</b>	<b>125</b>
<b>Лекция 8. Белково-жировые и белково-коллагеновые эмульсии.....</b>	<b>146</b>
<b>Лекция 9. Термическая обработка мясных изделий .....</b>	<b>191</b>
<b>Лекция 10. Особенности использования колбасных оболочек .....</b>	<b>211</b>
<b>Лекция 11. Поваренная соль, ее функционально-технологическое значение .....</b>	<b>219</b>
<b>Лекция 12. Особенности производства цельномышечных и реструктурированных мясных изделий.....</b>	<b>226</b>
<b>Лекция 13. Пищевые фосфаты.....</b>	<b>254</b>
<b>Лекция 14. Пищевые гидроколлоиды .....</b>	<b>261</b>
<b>Лекция 15. Пищевые волокна. Препараторы клетчатки.....</b>	<b>287</b>
<b>Список используемой литературы.....</b>	<b>290</b>

Рогов Иосиф Александрович  
Жаринов Александр Иванович  
Текутьева Людмила Александровна  
Шепель Татьяна Александровна

### Биотехнология мяса и мясопродуктов

Главный редактор *O.B. Саламаха*  
Редактор *Г.И. Елагин*  
Художественный редактор *Н.И. Смирнова*  
Технический редактор *О.Д. Хилиль*

Подписано в печать 16.11.09. Формат 60x90 1/16. Бумага офсет № 1.  
Усл. печ. л. 18,5. Уч. изд. л. 15,1. Тираж 1000 экз. Заказ № 5901.

Издательство «Дели принт».  
123181, г. Москва, а/я 42, тел (495)234-6138; [www.deli.ru](http://www.deli.ru)  
Отпечатано в ООО ПФ «Полиграфист» 160001 г. Вологда, ул. Челюскинцев, 3.