

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина»

Факультет перерабатывающих технологий

Кафедра технологии хранения и переработки
животноводческой продукции

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И ФИЗИКА МЯСА И МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

Методические рекомендации

к выполнению практических работ для обучающихся
по направлению подготовки 35.03.07 Технология производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

Краснодар
КубГАУ
2020

Составители: А. А. Нестеренко, Н. Н. Забашта

Технологическая химия и физика мяса и мясных продуктов : метод. рекомендации к выполнению практических работ / сост. А. А. Нестеренко, Н. Н. Забашта. – Краснодар : КубГАУ, 2020 – 60 с.

Методические рекомендации включают теоретическую часть, контрольные вопросы и библиографический список необходимые для практических занятий по дисциплине «Технологическая химия и физика мяса и мясных продуктов».

Предназначены для обучающихся по направлению 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции.

Рассмотрено и одобрено методической комиссией факультета перерабатывающих технологий Кубанского госагроуниверситета, протокол № 5 от 09.01.2020.

Председатель
методической комиссии

Е. В. Щербакова

- © Нестеренко А. А., Забашта Н. Н.,
составление, 2020
- © ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет имени
И. Т. Трубилина», 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1 СОСТАВ, СВОЙСТВА И СТРУКТУРА МЯСА	3
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2 ИЗМЕНЕНИЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	13
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3 ВОДОСВЯЗЫВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ МЯСНОГО СЫРЬЯ.....	23
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4 ИЗМЕНЕНИЕ МЯСА ПРИ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ	30
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5 ПОСОЛ МЯСА.....	33
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6 БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ МЯСНЫХ ЭМУЛЬСИЙ.....	39
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	57

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

СОСТАВ, СВОЙСТВА И СТРУКТУРА МЯСА

Цель работы: изучить структуру и свойства жировой и костной ткани.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Жировая ткань – разновидность рыхлой соединительной ткани, в которой находятся жировые клетки. Диаметр жировой клетки – 120 мкм. В этих клетках протоплазма и ядро оттеснены к периферии. Химический состав жировой ткани представлен на рисунке 1.

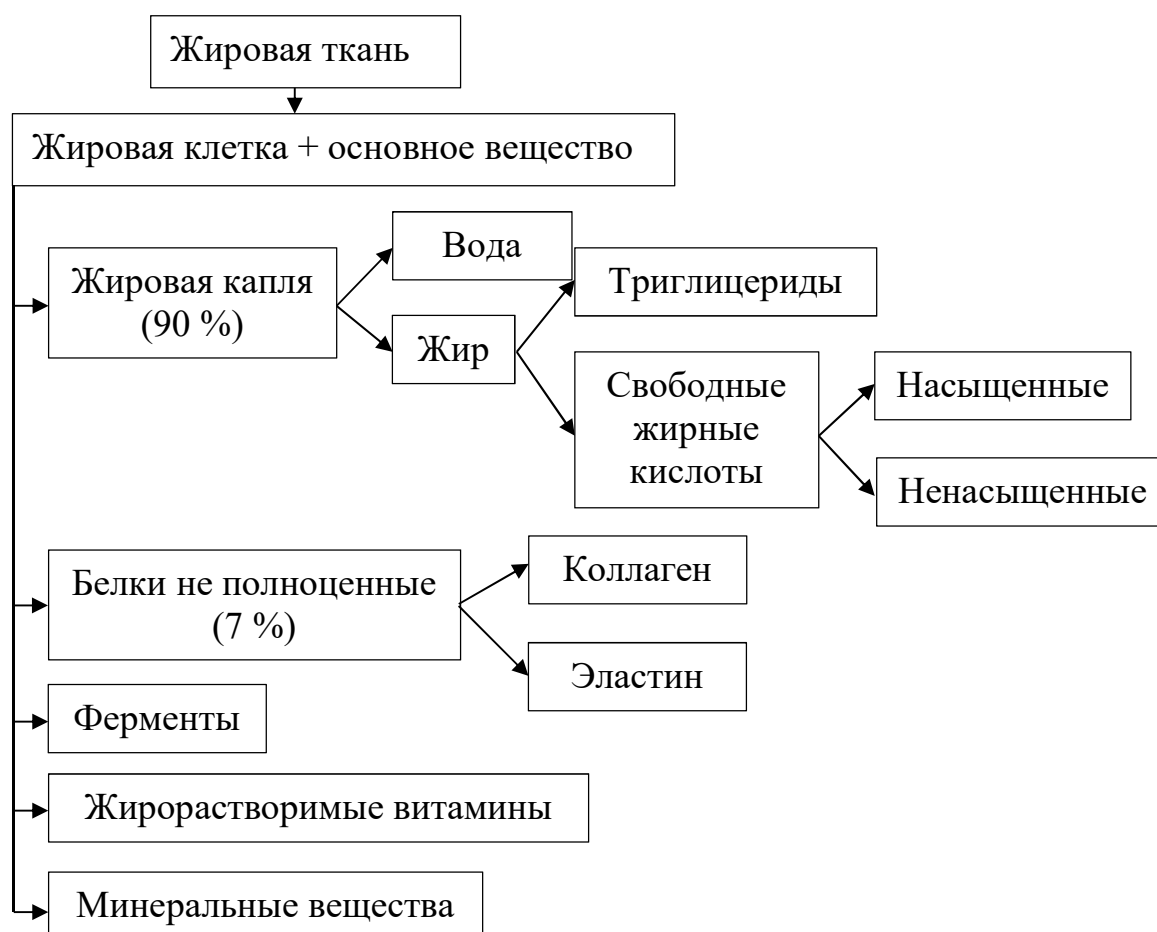


Рисунок 1 – Химический состав жировой ткани

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 триглицеридов определяются составом и соотношением входящих в них жирных кислот.

Насыщенные жирные кислоты – пальмитиновая, стеариновая, арахиловая, 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 таблице 1.

Таблица 1 – 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 содержится ненасыщенных жирных кислот, тем более выражена мажеобразная консистенция. Уровень усвояемости жира зависит от степени его эмульгирования, скорости расщепления до свободных жирных кислот, температуры плавления и составляет (%): свиной – 96–98, говяжий – 94, бараний – 86. В жире обнаруживаются низкомолекулярные летучие жирные кислоты (ЛЖК) – масляная, капроновая, каприловая, лауриновая и другие (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;

- стериды – 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 К (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 содержится в жире, тем более жидкая у него консистенция. Плотность жира составляет 915–960 кг/м³.

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 °С; свиной – 28...40 °С; бараний – 44...55 °С; конский – 30...43 °С; гусиный – 26...34 °С; коровье масло – 28...30 °С);

– 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 °С, а температура застывания – 34...38 °С.

Поскольку температуру застывания жира трудно определить, то чаще всего находят температуру застывания свободных жирных кислот, которые выделяют из жира. Этот показатель называют титром жира.

Вязкость жира превышает вязкость воды. При 60 °С вязкость говяжьего жира в 42 раза выше вязкости воды, что играет существенную 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 (миофибриллярные белки, соевые и молочнокислотные 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 углеводе, эфирах и т. п. В спиртах жир растворяется только при повышенных температурах.

В жире могут растворяться газы (10–12 %). Растворение в жире углекислого газа (СО₂) увеличивает его стойкость 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.

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

Гидролиз ускоряется в присутствии воды, при температуре выше $100\text{ }^\circ\text{C}$, с участием липазы (особенно в кишечном сырье при температуре $37\text{ }^\circ\text{C}$) 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 влияют степень диспергирования и присутствие ионов OH^- , H^+ , 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 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 cm^3) 0,1 н раствора $NaOH$, идущую 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. В результате изменяются физические свойства жира, что позволяет повысить его качество, увеличив долю тугоплавких глицеридов с последующим их отделением.

Переэтерификация производится как без катализаторов (при температуре $250\text{ }^\circ\text{C}$, при этом имеет малую скорость и сопровождается распадом эфиров), так и с его участием (серная кислота, щелочи, некоторые метилы и др.) при $100\dots120\text{ }^\circ\text{C}$, под вакуумом или в инертном газе. При этом жир не должен содержать воду и свободные жирные кислоты во избежание их взаимодействия с катализаторами.

По характеру протекания процесс переэтерификации подразделяют на направленным и ненаправленным.

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 этой реакции в направлении образования насыщенных глицеридов. В результате в жире возрастает содержание тринасыщенных и триненасыщенных глицеридов, а доля 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. Образование молекул полностью насыщенных глицеридов возможно лишь в том случае, когда доля насыщенных кислот превышает $2/3$. При ненаправленной переэтерификации достижения равновесного состояния всегда будет одно и то же среднестатистическое распределение кислотных радикалов. Ненаправленную переэтерификацию применяют для улучшения структуры свиного жира и получения новых жировых продуктов из различных комбинаций животных и растительных жиров.

Переэтерифицированный жир используют в кондитерском и пекарном производства.

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

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 (KI) перекисями, содержащимися в 100 граммах жира.

При значениях перекисных чисел (п. ч., % I) больше 0,1 жир непригоден в пищу. В реальных технологических условиях в течение первых 3–9 ч после убоя животных в жире происходят незначительные, и перекисное число практически не меняется. Этот период называют индукционным.

Индукционный период связан с наличием в жире естественных антиокислителей, которые определенное 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, появляется специфический запах, исчезает окраска.

Защита от окисления:

- соблюдение оптимальных условий производства (низкие температуры хранения сырья и готового жира; использование вакуума, инертных газов);

- добавление антиокислителей, увеличивающих индукционный период.

Антиокислители подразделяются на:

- естественные (каротин, токоферол, лецитин);
- синтетические (бутилокситолуол, бутилоксианизол, гваяковая смола, пропилгаллат).

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

Некоторые антиокислители реагируют с активным радикалом RO_2 , связывают его и прерывают цепную реакцию. Вводят антиокислители в количестве $\sim 0,02-0,1$ %.

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

Синергисты – органические вещества, усиливающие действие антиокислителей. Механизм их влияние 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. Она состоит из органической основы и минеральной части. В состав костной ткани входят костные клетки – остециты – и межклеточное вещество, содержащее большое количество минеральных веществ. Они 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. Основу пластин составляют 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 – оссеин.

Минеральные вещества костной ткани представлены главным образом солями кальция: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ – 70–85 %, CaCO_3 – 10 %, а также некоторым содержанием 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 кислоты: пальмитиновая (7–5 %), стеариновая (14 %), олеиновая (78 %).

В состав костного мозга входят: триглицериды (99,1 %), фосфатиды (0,2 %), холестерин (0,3 %), лецитин (0,18 %), витамины В₁₂, В₆, фолиевая кислота. В губчатом веществе также имеется красный мозг, содержащий 99,5 % триглицеридов.

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

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

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику жировой ткани.
2. Приведите химический состав животных жиров.
3. Биотехнологические свойства жировой ткани.
4. Физические свойства жиров.
5. Химические свойства жиров.
6. Изменения жиров в процессе созревания, термической и холодильной обработки мяса.
7. Биотехнологические свойства костной ткани.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2 ИЗМЕНЕНИЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Цель работы: Изучить технологическое значение автолиза, рассмотреть способы интенсификации созревания мясного сырья.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

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, части туш 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 применять 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 обеспечивает производителям серьезные преимущества в связи со снижением расхода холодильных емкостей и энергетических ресурсов. Однако переработка мяса требует высокой степени 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 процесса гликолиза и 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 рН 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–, H₂S и CO₂ в парном мясе в случае применения его в консервном производстве приводит к бомбажу;

– для сублимационной сушки лучше использовать парное мясо: при этом белки изменяются мало, при регидратации протекает 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 °С составляет 2–4 нед, свинины – 6–10 сут, 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, на 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 $T = 1 \dots 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ продолжительность созревания составляет 10–12 сут, при $10 \dots 15 \text{ } ^\circ\text{C}$ – 4–5 сут, при $18 \dots 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ – 2–3 сут, при $43,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ – 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 обеспечивает применение ультрафиолетовых 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 туш, 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 электрических импульсов, передаваемых либо аксонам нервных клеток, либо

путем прямого раздражения мембраны мышечного волокна, ионы Ca^{++} выходят из саркоплазматического ретикулула 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 рН мышечной ткани в кислую сторону, ускоряя наступление посмертного окоченения мышц. Благодаря быстрому снижению величины рН 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 рН. 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 $0...2\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 5–7 сут.

Химические способы основаны на введении в мясо под давлением ($2-7 \cdot 10\text{ Па}$) различных жидких и газообразных компонентов.

1. Введение в парное мясо воды методом шприцевания. Температура воды – $38\text{ }^{\circ}\text{C}$, содержание 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, замедляет 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 обеспечивают растяжение сокращающихся мышц, разрушение поверхностного слоя клеток, мембранных структур, разволокнение мышечной ткани.

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

В начальной стадии массирования и тумблирования основные процессы происходят в мышечной ткани: она разволокняется, происходит 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 характерны наличие участков множественной деструкции миофибрилл и увеличение числа свободных связей, способных удержать дополнительный объем влаги.

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

Эффективность массирования и тумблирования 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

Биологические способы основаны на обработке сырья протеолитическими ферментными препаратами микробного (теризинном, субтилизином, оризином, протосубтилином, мезентерином и др.), растительного (фицином, бромелином, папаином) или животного (трипсином, пепсином, химотрипсином, коллагеназой) происхождения, проявляющими активность в диапазоне рН 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.

Среди пептид-гидролаз различают протеиназы (эндопептидазы), катализирующие гидролиз внутренних пептидных связей в белковой молекуле с образованием пептидов, и пептидазы (экзопептидазы), отщепляющие от пептидной цепи свободные аминокислоты.

По структурному признаку активного центра и особенностям механизма катализа протеиназы образуют группы:

1) сериновые, для которых характерно наличие в активном центре триады аминокислот (аспарагиновой, гистидина и серина); их представителями являются химотрипсин, трипсин, эластаза, тромбин, плазмин, некоторые микробные ферменты,

2) тиоловые, имеющие в активном центре SH-группу цистеина (папаин, фицин, бромелаин, химопапаин и др.);

3) кислые (карбоксильные) протеиназы, имеющие оптимум ниже 5,0 и включающие остатки карбоксильных групп аминокислот в активный центр (пепсин, катепсин D, протеиназы микромицетов);

4) металло-протеиназы, содержащие в активном центре ионы металлов (коллагеназа, микробные протеиназы, включая компонент проназы – термолизин).

Среди пептидаз различают амино- и карбоксипептидазы.

Первые отщепляют от пептида свободные аминокислоты, начиная с конца молекулы, обладающего свободной NH₂-группой; вторые – свободной COOH-группой.

Принимая во внимание ферментативную природу процессов, протекающих при созревании и посоле мяса, применение различных

протеолитических ферментных препаратов, в том числе микробного происхождения, способствует их интенсификации.

При выборе ферментных препаратов необходимо учитывать оптимум рН действия содержащейся в них протеиназы и рН мяса, поскольку их действие наиболее эффективно в условиях, близких к тем, при которых активны тканевые протеиназы. Если вводимые в мясо ферментные препараты являются синергистами с тканевыми протеиназами, эффект их совместного действия на белковые макромолекулы существенно возрастает. Опыт показывает, что искусственно внесенные в сырье препараты протеаз обеспечивают аналогичный автолитическому эффекту преобразования белковых структур, однако процессы созревания мяса под их влиянием протекают в 3–5 раз интенсивнее и заканчиваются в более сжатые сроки. Хотя протеолитические ферментные препараты отличаются специфичностью воздействия на такие белки мяса, как миозин, коллаген, эластин, конечные результаты этих процессов имеют много общего. При этом интенсивность и глубина превращений белковых структур зависят от дозировки препаратов, физико-химических условий, продолжительности обработки и способа применения.

Использование ферментов для обработки мяса основано на ферментативном гидролизе белков, изменении на этой основе структурных элементов мяса, улучшении биохимических и физико-химических показателей его качества.

В мясной промышленности традиционно принята многосортная жиловка мяса, требующая значительных затрат ручного труда. При этом из мяса выделяют до 3 % коллагенсодержащих включений в виде жилок, сухожилий, шкурки. Однако функционально-технологические свойства коллагенсодержащего сырья недостаточно высоки и не дают желаемого эффекта в формировании качественных показателей продуктов. Перспективное направление обработки коллагенсодержащего сырья – его ферментация.

Установлено, что применяемые для улучшения качества мяса ферментные препараты должны иметь следующие свойства:

- вызывать изменения в соединительной ткани (расщеплять мукополисахаридный комплекс, способствуя уменьшению устойчивости соединительной ткани к нагреву, стимулировать гидролиз коллагена и эластина);
- слабо действовать на мышечную ткань;

– иметь возможно более высокий температурный оптимум действия, сохраняя способность частично изменять ткани при тепловой обработке;

– действовать в слабокислой или нейтральной среде с максимальной активностью; быть безвредными для человека.

Практика применения ферментных препаратов показывает, что не все ферменты, обладающие высокой протеолитической активностью, при обработке мяса обеспечивают высокий эффект. Некоторые из них, интенсивно катализируя гидролиз белков мышечных волокон, слабо воздействуют на белки соединительной ткани, которые обуславливают жесткость мяса. При этом для обработки мяса имеет большое значение оптимум действия ферментов, природа их активаторов и ингибиторов, специфичность к разрыву пептидных связей при гидролизе животных белков.

Из поджелудочной железы выделен фермент, названный коллагеназой, который имеет специфичность к гидролизу коллагена, а именно – к разрыву пептидных связей, образованных пролином. Для коллагеназы, подобно коллагену, характерны высокие массовые доли оксипролина (1 %) и пролина (7,5 %). Степень гидролиза коллагена под его воздействием достигает 75–87,5 %. В настоящее время аналогичные препараты получены из бактерий, актиномицетов, мицелиальных грибов.

В качестве размягчителей жесткого мяса наиболее эффективны препараты, способные гидролизовать белки внутримышечной соединительной ткани после их тепловой денатурации. В связи с этим особый интерес представляют ферментные препараты, имеющие оптимум действия при высоких значениях температуры. С другой стороны, биохимические особенности и микробиологические характеристики мясного сырья требуют проведения многих технологических операций (созревание, посол) при низких положительных температурах. По данным А. С. Ратушного, у большинства известных ферментов животного и микробного происхождения, положительно зарекомендовавших себя при обработке мясного сырья, максимум протеолитической активности приходится на 50 °С, папаин проявляет наибольшую активность при 60...70 °С.

Действие ферментов основано на гидролизе пептидных связей мышечных белков, размягчении грубых волокон и соединительной ткани, что обеспечивает существенное повышение нежности мяса,

улучшает органолептические показатели и выход готовой продукции. Активность ферментов и полученный эффект тендеризации зависят от вида используемого сырья и препарата, температуры и рН среды, наличия солей, продолжительности воздействия, концентрации и способа внесения фермента.

В настоящее время в технологической практике используют следующие способы обработки мяса протеолитическими ферментами.

1. Введение раствора ферментного препарата через кровеносную систему путем инъекции в организм животного при жизни, что обеспечивает равномерное его распределение и хороший размягчающий эффект. В результате сокращается время созревания, увеличивается объем мяса, пригодного для кулинарной обработки. При использовании достаточно высоких доз препарата возникают анафилактический шок и нарушение нормальных функций организма.

2. Обработка поверхности мышцы путем разбрызгивания раствора или нанесения порошкообразных размягчителей – способ имеющий ограниченное применение ввиду неравномерности качественных преобразований белковых структур.

3. Погружение мяса в раствор ферментов – наиболее эффективный способ, по сравнению с поверхностной обработкой, особенно в сочетании с физико-химическими и механическими факторами.

Непосредственное погружение мяса в ферментный раствор малоэффективно, поскольку наибольшим изменениям подвергается лишь его поверхность (наступает полный лизис структур мышечной ткани), в то время как в глубоких слоях изменения минимальны. Сочетание предварительного погружения мяса в раствор фермента, а также «массирование» в ферментном растворе обеспечивают высокое качество мяса и минимальные потери влаги при его обработке.

Эффективные результаты получены при восстановлении дегидратированного сублимацией мяса в водном растворе размягчающего препарата. При этом создаются условия для контакта фермента не только с поверхностью мяса, но и с внутренними структурами путем проникновения раствора в хорошо развитую систему пор и капилляров.

В процессе регидратации мяса обеспечивается равномерный по всему объему контакт фермента с основными белковыми структурами. В результате этого достигается максимальное размягчение мяса при минимальном расходе фермента.

4. Внутримышечное шприцевание (игольное и безыгольное). Наибольший эффект получен при введении в мышечную ткань многократными уколами. При этом эффективность этого способа значительно повышается при введении ферментов под давлением вместе со стерильным воздухом или азотом, так как газы, разрыхляя структуру мышечной ткани, способствуют лучшему распределению ферментов между клетками. Имеется положительный опыт введения препаратов в мясо под сверхвысоким давлением ($200-10^5$ Па) безыгольным способом.

Однако ферментная обработка – не единственный способ, обеспечивающий положительный эффект обработки мяса. Ферментно-микробиологические процессы определенных штаммов микроорганизмов могут способствовать формированию желательных органолептических характеристик и функционально-технологических свойств сырья и готовой продукции на различных этапах производства.

Контрольные вопросы

1. Технологическое значение автолитических изменений мяса.
2. Физические способы интенсификации автолитических процессов.
3. Химические способам интенсификации автолитических процессов.
Биотехнологические способы интенсификации автолиза.
4. Механические способы интенсификации автолитических процессов.
5. Биологические способы интенсификации автолитических процессов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

ВОДОСВЯЗЫВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ

МЯСНОГО СЫРЬЯ

Цель работы: изучить влияние степени измельчения мясного сырья на изменение влагосвязывающей способности.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Влияние степени измельчения мясного сырья на влагосвязывающую способность фарша

Практическая реализация водосвязывающего потенциала сырья во многом зависит (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 миофибриллярных и саркоплазматических белков из мышечного волокна и деструкция соединительной ткани (что весьма важно для проведения гидролиза коллагена при последующей термообработке). В этот момент начинается процесс набухания и адсорбционного поглощения воды выделившимися из клеток белками. Для активации белков добавляют пищевые фосфаты (сдвигающие рН 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 водоледяной смеси (с целью снижения температуры до уровня не выше 4 °С). Таким образом, создаются оптимальные условия для реализации функционально-технологического потенциала мышечных белков. В результате происходит их интенсивное межмолекулярное взаимодействие (структурирование системы) и связывание воды. На втором этапе куттерования вносят жировое сырье и остаток водоледяной 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 выраженными вязкопластическими 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 органических 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. Объем 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 сначала обезвоживается, а затем набухает до тех пор, пока упругость стенок клеток не уравнивается осмотическим давлением. Осмотически связанная вода удерживается

слабее адсорбционной и может отделяться при термообработке, вызывая деформацию (сжатие, морщинистость) мясопродуктов. В современных технологиях цельномышечных и реструктурированных мясопродуктов долю осмотически связанной воды увеличивают путем введения в сырье методом инъектирования многокомпонентных рассолов, 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 может 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, являясь 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 реструктурированных 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, массажирувания, тумблирования существенно увеличивает долю капиллярной влаги. При этом необходимо учитывать, что часть воды в мясе удерживается в закрытых порах; это явление в наибольшей степени 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 массажируванием 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: неполностью 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 (рисунок 1).

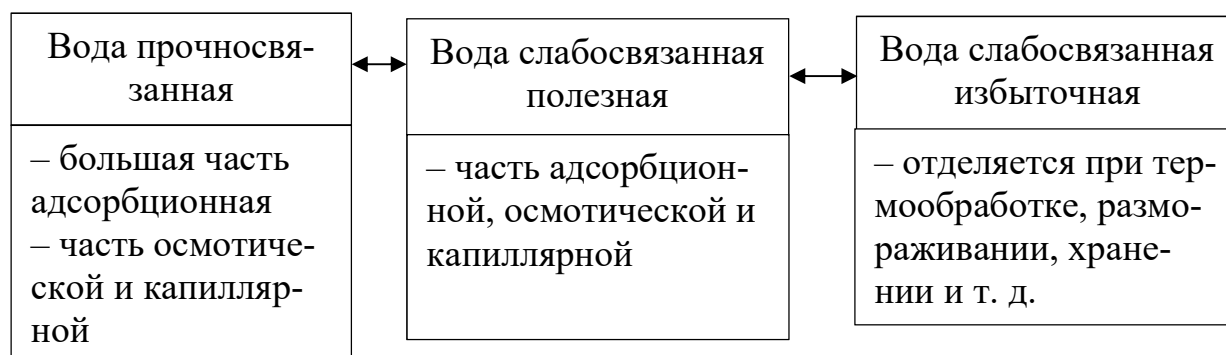


Рисунок 1 – Формы связи воды в мясе и мясопродуктах

Как следует из рисунка 1, к прочносвязанной воде относится в основном большая часть адсорбционно и осмотически связанной воды. При этом следует иметь в виду, что слабосвязанная полезная и избыточная вода 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 рН, ионный состав среды, температуру и т. д. В частности, по мере развития аутолитических 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 ее перераспределению: 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.

Сырье, 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 рН 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 ВУС 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, яичепродукты, 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 водосвязывающую и водоудерживающую способность могут оказывать такие физико-химические факторы, как рН и ионный состав среды, специфика состава мясной системы, степень диспергирования, уровень набухания, температура термообработки и т. д.

Контрольные вопросы

1. Влияние степени измельчения мясного сырья на ВСС фарша.
2. Дайте характеристику осмотической связанной воде.
3. Дайте характеристику капиллярно-связанной воде.
4. Какие факторы позволяют формировать ВСС мясного сырья.
5. Значение прочносвязанной и слабосвязанной (полезной и избыточной) влаги в фарше.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

ИЗМЕНЕНИЕ МЯСА ПРИ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ

Цель работы: изучить изменения, происходящие в мясном сырье при его холодильной обработке.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Химические изменения при холодильной обработке

В процессе хранения через некоторое время на поверхности замороженного мяса образуется обезвоженный губчатый слой, сквозь который диффундируют пары воды в окружающий воздух. Одновременно воздух диффундирует в поверхностный слой, в результате чего количество кислорода в нем увеличивается и непрерывно возобновляется. Наружный губчатый слой мяса образует огромную активную поверхность, на которой протекают окислительные процессы, а также адсорбируются посторонние запахи.

Окислительные процессы вызывают глубокие изменения в мышечной и в большей степени – в жировых тканях. Окислительные изменения белковых веществ в пористом внешнем слое приводят к резкому уменьшению его влагосвязывающей способности и увеличению жесткости.

В жировой ткани развиваются процессы окислительной порчи и накапливаются продукты окисления жира. Появляются салостый, затем постепенно усиливающийся прогорклый вкус и запах. При длительном хранении замороженного мяса вследствие окисления жира могут накапливаться токсические продукты. Органолептические показатели жировой ткани свинины начинают изменяться раньше, чем у говядины. При хранении замороженных свиных туш наблюдается пожелтение жировой ткани. Изменение жировой ткани под действием кислорода воздуха в большинстве случаев (кроме нежирной говядины) играет решающую роль для сроков хранения мяса.

Цвет мяса по мере увеличения сроков хранения становится более темным в результате концентрации пигментов в высушенном

слое мяса, а также вследствие окисления миоглобина и оксимиоглобина в метмиоглобин. Количество водорастворимых витаминов при хранении мороженого мяса зависит от температуры хранения. Жирорастворимые витамины менее устойчивы. Витамин Е, в частности, разрушается почти полностью, что уменьшает сопротивляемость жира при окислении.

Изменения свойств мяса при размораживании

Размораживание – это завершающий процесс холодильной обработки мяса. Цель размораживания – получить мясо со свойствами, близкими к тем, которые оно имело до замораживания. Полного восстановления первоначальных свойств мяса не происходит, так как в период замораживания и последующего хранения в нем происходят некоторые необратимые изменения в связи с развитием автолитических, окислительных и других процессов. Во время размораживания продолжается автолиз тканей. Скорость автолитических изменений в тканях размороженного мяса несколько выше, чем в тканях охлажденного.

Важным показателем качества размораживания служит потеря мясного сока. Часть мясного сока вытекает из мяса во время размораживания, часть теряется в процессе обработки мяса (обвалка, жиловка) под давлением ножа. Таким образом, мясо обедняется не только водой, но и всеми водорастворимыми веществами: водорастворимыми белками, пептидами, аминокислотами, экстрактивными веществами, витаминами и минеральными веществами. Поэтому чем больше потери мясного сока при размораживании, тем ниже питательные и вкусовые качества мяса.

Величина потерь мясного сока при размораживании и дальнейшей обработке зависит от гидрофильных свойств тканей и от степени разрушения структуры ткани. Изменения гидрофильных свойств связаны с интенсивными агрегационными и денатурационными изменениями при замораживании, хранении мяса в замороженном виде и размораживании, а также с изменениями в процессе автолиза. Так, при хранении мяса в мороженом виде изменяется кислотность среды в мясе. Интервал между рН среды и изоэлектрической точкой белков уменьшается, гидрофильность белков понижается.

Разрушение структурных элементов тканей при замораживании и размораживании вызывается кристаллами льда. Нарушение клеточных структур и целостности мембран имеет место в процессе предварительного автолиза.

В мышцах, не подвергавшихся автолизу перед замораживанием, разрушение клеточных структур менее интенсивно и потери мясного сока при размораживании ниже.

Отрицательное влияние на качество мяса оказывает вторичное замораживание размороженного мяса, приводящее к увеличению повреждения тканей и, следовательно, увеличению потерь мясного сока. Поэтому дважды замороженное мясо после повторного размораживания лишено необходимого содержания питательных веществ и характеризуется пониженными вкусовыми качествами. Такое мясо не допускается на выработку консервов.

Контрольные вопросы

1. Опишите химические изменения мяса при холодильной обработке.
2. Дайте характеристику изменениям свойств мяса при размораживании.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

ПОСОЛ МЯСА

Цель работы: изучить действие посолочных веществ на мясное сырье при посоле.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Изменения массы мяса и потери растворимых веществ при посоле

Одновременно с перераспределением соли между рассолом и продуктом происходит перераспределение воды, которое вызывает изменение влажности и массы продукта. Это имеет важное технологическое значение, так как влияет на выход, сочность, консистенцию и вкус готовых изделий.

В зависимости от концентрации рассола и продолжительности процесса может происходить как обезвоживание, так и обводнение мяса. При посоле сухой солью за счет влаги продукта на его поверхности образуется насыщенный рассол, который частично участвует в солевлагообмене, частично стекает, что приводит к обезвоживанию продукта.

Введение соли в мясное сырье в первую очередь вызывает изменение физико-химического состояния белков, обуславливающих их основные функционально-технологические свойства, и соответственно качество готового продукта.

Гидратация белков мяса при посоле возрастает вследствие взаимодействия ионов NaCl с полярными группами белков. В значительном увеличении гидратации белков при посоле важная роль принадлежит ионам хлора, так как они разрывают связи между пептидными цепочками. Адсорбция белковыми веществами ионов хлора снижает изоэлектрическую точку белков и повышает значение pH среды на 0,2–0,3 в нейтральную сторону, что увеличивает число полярных групп белков мяса и количество связанных с ними молекул воды. При увеличении интервала между pH среды и изо-

электрической точкой белков мяса, тем больше количество гидрофильных групп и соответственно выше водосвязывающая способность.

Кратковременный посол заранее измельченного сырья в результате изменения состояния белков обеспечивает повышение водосвязывающей способности мяса, его липкости и пластичности, с которыми связаны сочность, консистенция и выход колбасных изделий.

Введение 2–2,5 % хлорида натрия создает в тканевой жидкости концентрацию, близкую к оптимуму растворимости белков актомиозиновой фракции, что вызывает увеличение их гидратации и повышает количество адсорбционно связанной влаги. Увеличение прочносвязанной влаги обуславливает повышение выходов, так как продукт при последующей термической обработке лучше удерживает влагу.

Действие хлористого натрия на белки мяса проявляется после проникновения его к мышечным волокнам, поэтому для изменения физико-химического состояния белков требуется интервал времени в границах не менее 8–10 ч при температуре 0 °С.

Влияние соли при использовании парного мяса приобретает особый характер. Учитывая, что оно имеет наиболее высокое значение рН и соответственно наиболее высокую водосвязывающую способность, поэтому его не выдерживают в пасоле при производстве вареных колбас. Посол используют для стабилизации имеющегося уровня водосвязывающей способности, так как этот показатель через 4 ч после убоя существенно снижается. При введении хлорида натрия в парное мясо ионы электролита, связываясь с актином и миозином, предотвращают образование актомиозинового комплекса. Одновременно ионы натрия и хлора подавляют АТФ-азную активность миозина. Таким образом, соль задерживает развитие помертного окоченения. Посол парного мяса одновременно с куттерованием позволяет сохранить его способность связывать влагу на таком высоком уровне, что им можно пользоваться как добавкой к мясу с низкой способностью к гидратации.

Длительный посол. Деликатесная продукция больших размеров всегда требуют большой концентрации соли и длительности посола. Если при непродолжительном посоле мясного фарша белки мяса претерпевают частичные денатурационные изменения в результате

фрагментарных разрывов связей между пептидными цепями белков, то длительное воздействие соли вызывает более глубокую денатурацию некоторых белков и снижение их растворимости. При концентрации соли выше растворяющей около 75 % солерастворимых белков переходят в нерастворимое состояние в прямой зависимости от концентрации рассола.

Количественные изменения мяса при посоле с использованием 8–20 % соли связаны как с миграцией белковых, экстрактивных, минеральных веществ и воды, так и с водопоглощением в результате изменений водосвязывающей способности мяса.

Величина потерь белков, преимущественно альбуминов и глобулинов, вырастает при увеличении концентрации рассола, особенно в диапазоне 10–12 %, затем снижается в результате денатурации и коагуляции белков.

Противоположно направленный процесс набухания и соответственно увеличения массы соленого мяса обусловлен осмотическими явлениями. При любой концентрации рассола в начале процесса происходит, как указывалось ранее, обезвоживание, а затем обводнение мяса как следствие повышения растворимости белков.

Максимально сильное набухание достигается при использовании рассола, который содержит от 8 до 10 % соли; при концентрации соли выше 22 % набухание резко снижается.

Волокна коллагена под действием соли обезвоживаются и становятся жесткими, но при длительном посоле (на 20-е сутки) набухают в результате диффузии не только ионов соли, но и молекул воды. Молекулы воды встраиваются между пептидными цепочками белковых молекул, изменяя их структуру. Жировая ткань при посоле практически не изменяется.

Важную роль в процессе набухания и последующего удержания влаги соленым мясом играет величина рН. Отклонение рН-среды при длительном посоле в щелочную сторону происходит под действием микрофлоры, вызывающей распад белков с накоплением продуктов основного характера.

Сдвиг реакции среды на 0,2–0,3 единицы рН в соленом мясе вызывает существенное увеличение его гидратации и влагоудерживающей способности. Увеличение рН-рассола в то же время может привести к его порче.

Добавление в рассолы полифосфатов позволяет увеличить рН примерно на 0,2–0,3 единицы, а также способствует переходу миозина в растворимое состояние. Это обеспечивает повышение набухаемости и влагоудерживания соленого мяса при его последующей варке.

Гидролитический распад белковых веществ и набухание соленого мяса улучшают его консистенцию, повышают сочность и нежность готовых изделий.

Важный вклад в процессы массообмена вносит непрекращающаяся деятельность тканевых ферментов и ферментов, выделяемых микроорганизмами. Некоторая часть белковых веществ мяса подвергается гидролитическому распаду, что приводит к разрыхлению мяса и возрастанию капиллярно-связанной влаги. При посоле в условиях механических воздействий количество капиллярно-связанной влаги интенсивно возрастает.

Баланс потерь водорастворимых компонентов и обводнение мяса путем изменения концентрации соли и метода посола позволяют варьировать массу и органолептические свойства соленого продукта в широких пределах.

Обезвоживание мяса при сухом посоле дает возможность использовать этот эффект при производстве соленых продуктов длительного хранения. Посол рассолами невысокой концентрации соли позволяет получать изделия с высоким содержанием влаги и повышенным выходом. В настоящее время предпочтение отдается продуктам слабого посола.

Следует отметить, что хлорид натрия не только влияет на белки мяса, но и на активность протеолитических ферментов мышечной ткани. При концентрации соли в сырье 5 % активность катепсинов снижается вдвое, ингибируя таким образом процесс созревания. Аналогичным эффектом обладает нитрит натрия. Это необходимо учитывать при посоле мяса на разных стадиях автолиза.

Образование вкуса и аромата в процессе посола

Вкус и аромат соленых продуктов существенно отличается от несоленых, что обусловлено комплексным изменением белковых, экстрактивных веществ и липидов.

Специфический вкус и аромат при длительном посоле свиного мяса получил название «ветчинность». Он проявляется через 7–12 сут и усиливается с течением времени посола.

Появление характерных ветчинных свойств вызвано гидролизом белков и липидов под действием тканевых ферментов и ферментов, продуцируемых микроорганизмами в присутствии хлористого натрия.

Роль тканевых ферментов особенно вырастает при сильном посоле. В мясе, жире, а также железе имеется значительное количество ферментов (протеазы, липазы, диастазы и др.), действие которых обусловлено солью.

Присутствие как в соли, так и в мясе галофильных микроорганизмов превращает свинину в ветчину.

Наличие нитрита натрия, который взаимодействует с водорастворимыми белками мяса, также является обязательным условием формирования вкусоароматических свойств изделий посола.

Механизм образования аромата и вкуса соленых изделий является достаточно сложным.

В результате распада белков возрастает количество свободных аминокислот, некоторые из которых сами влияют на вкус (глутаминовая кислота), а некоторые являются веществами-предшественниками. Их изменение при термообработке сопровождается интенсивным образованием ароматических и вкусовых свойств. К ним относятся летучие серосодержащие соединения, дисульфиды, меркаптаны, метионин, глутатион, цистеин.

Существенную роль в формировании вкуса и аромата играют липиды, при гидролизе которых накапливаются свободные жирные кислоты, азотистые и карбонильные соединения. Установлено преобладание диацетила, валерианового, гексилового, децилового альдегидов, а также масляной, изовалериановой, капроновой, каприловой кислот.

Накопление в рассолах ацетилметилкарбанола (ацетиона) и диацетила связывают с ферментацией сахаров под действием микроорганизмов *Bacillus subtilis*, *Bacterium halobicus*, *Micrococcus lipoliticus* и др. В последнее время выделены чистые бактериальные

культуры, которые вводят при посоле в мясо для улучшения вкуса и аромата готового продукта.

При использовании интенсифицированных способов посола не предусмотрена длительная выдержка сырья, обеспечивающая образование вкусоароматических свойств. Однако при механической обработке, как установлено, происходят значительные разрушения лизосомальных мембран, выход ферментов в саркоплазму, повышение их активности, как следствие этих процессов – деструкция миофибриллярных структур мышечных волокон и гидролиз белковых веществ и липидов.

Для повышения вкусовых качеств соленых изделий, полученных по методу сокращенного посола, используют различные препараты ароматических веществ, имитирующих вкус и аромат ветчинности.

Контрольные вопросы

1. Изменения в мясном сырье при посоле.
2. Рост гидратации белков мышечной ткани.
3. Длительный посол мясных изделий.
4. Образование вкуса и аромата в процессе посола.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

ПРИГОТОВЛЕНИЯ МЯСНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Цель работы: изучить влияние состава фарша и степени его измельчения на функционально-технологические свойства фарша.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Влияние состава фаршевой системы на качество мясной эмульсии

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 (матрикс) 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, 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. 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.

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 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 одну часть сухого желатина), но обладающие ограниченной способностью к эмульгированию жира. В мясных системах повышается устойчивость эмульсий в присутствии продуктов гидролиза коллагенсодержащего сырья, как правило, происходит не столько за счет собственной эмульсионной и жиросвязывающей способности глютина 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 повышенного содержания коллагенсодержащего сырья приводит к снижению их устойчивости.

Рациональные пределы использования данного вида сырья в рецептурах не должны превышать 5–12 %, иначе при последующей термообработке колбас 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 выраженными гелеобразующими, эмульгирующими и стабилизирующими свойствами (соевые и молочно-белковые препараты, модифицированные крахмалы, каррагинаны, их смеси и т. п.).

Решающая роль в эмульгировании жира и образовании вокруг диспергированных шариков белковых мембран принадлежит водо- и солерастворимым белкам. Обладая свойствами поверхностно-активных веществ (ПАВ), водорастворимые белки могут удерживать 30 мл жира на 100 г белка; солерастворимые – до 40–45 мл на то же количество белка.

Количественное содержание и соотношение, водо- и солерастворимых белков в мясном сырье, кроме влияния на эмульсионные свойства, определяют также проявление ряда весьма существенных признаков. В частности, при наличии в сырье повышенного содержания 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, характеризуются высокой липкостью. Как правило, солерастворимые белки преобладают в составе сырья с низким содержанием жира. Таким образом, миофибриллярные солерастворимые белки, к которым относятся миозин, актин, тропомиозин, тропониновый комплекс, выполняют основную функцию в образовании и стабилизации мясных эмульсий.

В силу особенностей пространственной структуры солерастворимые белки обладают большим числом гидрофобных и гидрофильных групп, существенно понижают межфазное натяжение, прочно адсорбируются на поверхности «вода-жир».

Установлено, что молекулы солерастворимых белков имеют площадь поверхности, доступную для стабилизации масла (жира), в 50 раз превышающую водорастворимые белки. Фибриллярные 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 технологу необходимо представлять, какие параметры технологического процесса могут обеспечить максимальную реализацию его потенциала.

Варьирование рН 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 рН, при которых может быть достигнута максимальная ЭС: для солерастворимых белков эта область рН соответствует 6–8; для водорастворимых белков – 5,2.

С учетом важности роли миофибриллярных солерастворимых белков регулирование рН 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 рациональным считают интервал рН 6,2–6,7 (преимущественно 6,4): при этих условиях эффективно работают мышечные белки, нормально 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.

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 рН 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 этот процесс ведут в присутствии минимального объема добавляемой воды; введение больших количеств водоледяной смеси вызывает «разбавление» системы, концентрация соли снижается, эффективность экстракции белков резко падает. При этом одновременно уменьшается концентрация самих солерастворимых 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 разра-

ботке фарша. По этим причинам лучше всего воду добавлять небольшими порциями, которые сразу поглощаются мясом без остатка свободной жидкости.

Рекомендуемый уровень введения водоледяной 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 водоледяную смесь 6–8 дозами в ходе всего процесса куттерования.

Вопрос определения объема вносимой при куттеровании технологической воды (водоледяной смеси) является принципиально важным. В классических, традиционных рецептурах рекомендуется добавлять 10–35 % воды к массе мясного сырья. В современных условиях, характеризующихся изменениями химико-технологических свойств мяса, ухудшением его качества, использованием в составе рецептур значительных объемов 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.

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 снижается, межмолекулярное взаимодействие ослабевает, в результате продукт приобретает рыхлую консистенцию, возрастает вероятность появления водожирового отека. В случае недостатка воды мясопродукты будут иметь жесткую резиноподобную консистенцию, пониженные сочность и выход.

Рассматривая факторы, влияющие на функциональные свойства миофибриллярных белков (на примере миозина), необходимо также обратить внимание на значение температурного фактора. Установ-

лено, что температурная зона, обеспечивающая максимальную реализацию структурирующего, водосвязывающего и эмульсионного потенциала миозина, находится в интервале от минус 8 до 8 °С. Оптимальная температура экстракции миозина составляет 3,8 °С. Именно по этой причине на первом этапе куттерования процесс механического измельчения нежирного белоксодержащего сырья (основы будущей структурированной эмульсии) и экстракцию белков проводят преимущественно при температурах от минус 4 до 6 °С, поддерживая требуемый уровень температуры введением водолеяной смеси либо использованием подмороженного (до минус 2 °С) мясного сырья.

Показано, что чем больше жира содержится 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 °С) 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 повыситься на 3...4 °С, поэтому крахмал целесообразно засыпать в куттер после предварительного снижения температуры фарша до 4...5 °С 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 солерастворимых белков мяса.

Говоря о технологической воде и водолеяной смеси, используемых при куттеровании, необходимо обратить внимание на то, что холодная вода является не только 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 степенью чувствительности к рН 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 рН, 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 и замороженным сырьем, 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 рН среды (фосфаты), ионной силы (поваренная соль и фосфаты), секвестировании избытка ионов кальция и магния (фосфаты), поддержании температуры в диапазоне от минус 8 до 8 °С.

В производственных условиях обработку нежирного белоксодержащего сырья преимущественно заканчивают при достижении температуры от 4 до 6 °С. Для достижения, требуемого технологического эффекта рационально фосфаты добавлять в растворенном виде; раствор нитрита натрия необходимо 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 осуществляют 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 жирсырья 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 жирсырья 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 рН 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 достаточно 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 жирсырья взаимосвязано с концентрацией мышечных солерастворимых белков в фарше: чем их больше, тем выше эмульгирующая способность и, соответственно, выше допустимая норма жира.

Жир находясь в составе эмульсии, пластифицирует ее, улучшая консистенцию. Присутствие жира 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 момента загрузки жирового сырья, степени выраженности цвета и состояния консистенции готовых вареных колбас. Чем раньше к нежирному сырию добавлен шпик либо другой жиросодержащий компонент, тем светлее цвет и мягче консистенция. Позднее введение жирсырья в куттер может привести к образованию бульонно-жирового отека при последующей термообработке.

Существенное влияние на свойства получаемых эмульсий оказывает также скорость загрузки жирсырья, продолжительность и скорость куттерования на второй фазе (таблица 1).

Таблица 1 – Технологические факторы, влияющие на свойства мясных эмульсий во вторую фазу куттерования

Технологический фактор	Действие факторов	Технологический эффект
1	2	3
Температура	Ниже 4...8 °С	Затрудняет диспергирование жира
	Выше 15 °С	Приводит к слиянию жировых шариков
Скорость загрузки жирсырья	Быстрое внесение Медленное внесение	Затрудняет процесс эмульгирования Приводит к сильному нарастанию вязкости

Продолжение таблицы 1

1	2	3
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 молекулы глицеридов и соотношения насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. В свином жире содержится больше ненасыщенных жирных кислот, чем в говяжьем, и это предопределяет различия в значениях температур плавления (°C): 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 он 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, крошливость шпика в готовых структурных колбасах. Для устранения этих явлений, на наш взгляд, можно рекомендовать перед добавлением жирсырья 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 во вторую фазу (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 жидкообразное состояние, неустойчив в составе эмульсий, легко коалесцирует, вызывая разделение фаз. Его применение, как правило, требует дополнительного введения в систему эмульгаторов и жиродерживающих 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 затруднено в связи с более высокой температурой его плавления; с учетом этого обстоятельства на ряде предприятий в зимнее время года, когда мясное сырье имеет очень низкую положительную температуру, в куттер вместо водоледяной смеси добавляют теплую воду; однако при температурах выше 15 °С происходят чрезмерное разрушение и уменьшение размеров образующихся жировых частиц, приводящие 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 «вработывается» 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 водоледяной смесью и переохлажденными рассолами, использование подмороженного (до минус 5...минус 10 °С) шпика и жиросодержащего 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 коллагенсодержащего сырья куттерование можно проводить до температуры 18 °С; при преобладании в рецептуре свинины температура не должна превышать 13 °С. Чем меньше в составе рецептуры доли собственно мышечной ткани и больше говядины II сорта, тримминга, мяса механической дообвалки, коллагенсодержащего 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 фаршей вареных колбас путем измерения величины их рН. Показано, что в зависимости от вида и состояния основного сырья, состава, свойств используемых ингредиентов и пищевых добавок уровень рН приготовленных мясных эмульсий в основном варьирует в диапазоне 5,7–6,8. В отдельных случаях – при использовании мяса с признаками PSE – значения рН составляют менее 5,6; отмечены партии фаршей (как правило, приготовленных из сырья пониженной сортности с использованием значительных количеств белковых препаратов, крахмалов, фосфатов, пищевых гидроколлоидов), имеющих рН в области 7,2–7,3.

В большинстве случаев контроль рН требуется при производстве колбасных изделий категории А, 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 рН для мясных фаршей в диапазоне от 6,0 до 6,5.

Взаимосвязь изменения температуры фарша, уровням стабильности получаемых эмульсий и продолжительности 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 жирсырья (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. Итогом – стал водожировой 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 °С в конце куттерования;

- высокое содержание легкоплавкого жира в составе рецептуры;

- использование технологической воды (водоледяной смеси) повышенной жесткости.

По мнению некоторых специалистов, эффект перекуттерованного фарша можно устранить следующим образом: заметив появление расслоения в мясной эмульсии, перейти на режим перемешивания, добавить водоледающую смесь для охлаждения системы до температуры 4...6 °С, искусственно вызвать коалесценцию жира и отделение воды. Затем добавить в фарш сухие белоксодержащие 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 считают степень гомогенности системы, ее структурно-механические свойства (липкость, вязкость, пластичность) при конечной температуре 10...12 °С. 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.

Рассмотрение адаптированного к технологии колбасного производства процесса эмульгирования показало, 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 отличием в содержании как общего белка, так и доли в его составе солерастворимых миофибриллярных 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 рН 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 препаратов выпускаемых в промышленных

условиях при технологически приемлемых условиях рН: глобин крови – 1, казеин – 2, лизоцим – 10, желатин – 0,5, альбумин сыворотки крови – 0,5.

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

Поскольку в производственных условиях, как правило, отсутствует возможность аналитического определения содержания соле-растворимых 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 %) содержании 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 эмульсией стабильности.

Простейший математический расчет (опыт и практика подтверждают данный факт) показывает, что одна массовая часть белка в

охлажденном мясном сырье, имеющем нормальные значения рН, способна максимально связать (заэмульгировать) от 1,2 до 2 частей жира в присутствии 3–5 частей воды.

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

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 три 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 приобретает слишком выраженные упругоэластичные 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 рН, 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 позволяет существенно повысить стабильность мясных систем и регулировать их химический состав, структурно-механические свойства, органолептические и технологические показатели.

Контрольные вопросы

1. Основные процессы, происходящие вовремя куттерования.
2. Сущность понятия «матрикс». Опишите свойства «матрикса».
3. Роль белков в стабилизации эмульсии.
4. Роль мяса механической дообвалки (ММД) в формировании функционально-технологических свойств фарша.
5. Роль водо- и солерастворимых белков в формировании функционально-технологических свойств фарша.
6. Влияние водоледяной смеси на свойства фарша.
7. Зависимость экстракции миофибриллярных белков от температуры фарша.
8. Влияние рН фарша на его функционально-технологические свойства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Технологическая химия и физика мяса и мясных продуктов : учеб. пособие / А. А. Нестеренко, Н. С. Воронова. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – 213 с.
2. Тимошенко Н. В. Прикладная биотехнология мяса и продуктов переработки : учеб. пособие / Н. В. Тимошенко, А. А. Нестеренко, Н. С. Воронова. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – 158 с.
3. Рогожин, В. В. Биохимия молока и мяса : учебник / В. В. Рогожин. – СПб. : ГИОРД, 2012. – 456 с. – ISBN 978-5-98879-126-3. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань». Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/58740>.

Дополнительная

1. Прикладная биотехнология мяса и мясопродуктов : учеб. пособие / А. А. Нестеренко, М. Б. Ребезов, Н. В. Кенийз, Э. К. Окусханова. – М. : РАКО АПК, 2019. – 172 с.
2. Бурова Т. Е. Введение в профессиональную деятельность. Пищевая биотехнология : учеб. пособие / Т. Е. Бурова. – СПб. : Лань, 2018. – 160 с. – ISBN 978-5-8114-3169-4. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань». Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/108329>. Для авториз. пользователей.
3. Мишанин Ю. Ф. Биотехнология рациональной переработки животного сырья : учеб. пособие / Ю. Ф. Мишанин. – СПб. : Лань, 2017. – 720 с. – ISBN 978-5-8114-2562-4. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань». Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/96860>. Для авториз. пользователей.

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И ФИЗИКА МЯСА И МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

Методические рекомендации

Составители: **Нестеренко** Антон Алексеевич,
Забашта Николай Николаевич

Подписано в печать 13.02.2020. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.
Усл. печ. л. – 3,5. Уч.-изд. л. – 2,7.

Кубанский государственный аграрный университет.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13