

Глава 11

ТЕПЛОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Тепловая обработка — один из наиболее часто применяемых технологических процессов в мясном производстве. Основная цель тепловой обработки заключается в доведении продукта до состояния кулинарной готовности. Поскольку при этом повышается стойкость продукта к микробиальной порче, тепловую обработку применяют как один из методов консервирования. Мясо и мясопродукты обычно нагревают от 60 до 180 °С. Действие высоких температур (выше 100 °С), является самым надежным методом консервирования, позволяющим получать консервы, которые можно хранить 3–5 лет. При более низких температурах барьерный эффект тепловой обработки снижается, что сказывается на сроках хранения. Так, вареные продукты не могут долго храниться, их следует быстро реализовывать.

Тепловая обработка продуктов осуществляется разными способами: погружением в жидкую среду, воздействием паро-воздушной смеси, острого пара, электроконтактным нагревом, энергией СВЧ, инфракрасным нагревом, а также комбинированием перечисленных способов.

Таким образом, при тепловой обработке мяса и мясных продуктов технологические проблемы тесно связаны с проблемами консервирования.

По технологическому назначению эти способы можно разделить на основные и вспомогательные.

Под основными способами тепловой обработки понимают такое изменение свойств продукта, в результате которого он становится пригодным в пищу (колбасно-кулинарные изделия, консервы) или переходит в другое качественное состояние (вытопка жира, экстракция желатина и т. п.).

К вспомогательным способам относят такие, при которых обрабатываемое сырье не претерпевает существенных изменений (шпарка, опаливание, подсушка и т.п.) или приобретает специфические свойства (обжарка, бланширование и т.д.), необходимые для выработки соответствующего продукта. Такая обработка, как правило, имеет незначительный барьерный эффект.

Консервирование тепловым воздействием включает стерилизацию, пастеризацию, варку и запекание.

Стерилизация — основное звено технологического процесса при изготовлении баночных консервов. Она заключается в тепловой обработке мяса при температуре выше 100 °С, в результате чего уничтожается микрофлора.

Пастеризация проводится при температуре 100 °С и ниже. Она также обеспечивает микробиологическую безвредность консервов и способность их храниться. Сроки хранения пастеризованных консервов меньше, чем стерилизованных.

Варку широко используют при производстве колбас, ветчинных и других изделий. В процессе варки уничтожается до 99 % микрофлоры, поэтому она не гарантирует полного уничтожения микрофлоры и особенно спор. Следовательно, вареные продукты не могут долго храниться, их следует быстро реализовать.

Стерилизацию и варку проводят во влажной греющей среде (вода, пар, паро-воздушная смесь). Запекание относят к сухим способам нагрева.

Запекание осуществляют горячим воздухом до температуры в центре готового продукта 68–70 °С, что так же, как и при варке ограничивает срок хранения готовых изделий.

КОНСЕРВИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ НАГРЕВА

Нагрев мяса и мясопродуктов губительно действует на микрофлору.

Различают полное (стерилизация) и частичное (пастеризация) уничтожение микроорганизмов. Стерилизация осуществляется, как указывалось, при температуре выше 100 °С, что возможно только под давлением при укладке продукта в герметично укупоренную тару. Пастеризация проводится при температуре 100 °С и ниже. Эффект пастеризации может быть достигнут как при производстве консервов, так и в результате варки и запекания. При использовании метода пастеризации вымирают только микроорганизмы, восприимчивые к действию высоких температур, в то время как при стерилизации отмирают также устойчивые к тепловому воздействию микроорганизмы.

Для достижения полной стерильности необходимо стерилизовать продукт при температуре выше 150 °С в течение длительного времени. Однако такое жесткое тепловое воздействие вызывает необратимые изменения в продукте, снижающие его пищевую ценность.

Некоторое сближение несовместимых требований возможно при стерилизации консервов до полной гибели только нетермостойкой неспорообразующей микрофлоры и уменьшения числа спорообразующих микроорганизмов.

Обязательным требованием к эффективности процесса стерилизации консервов является полное уничтожение возбудителей такого тяжелого заболевания, как ботулизм. Режимы стерилизации должны обеспечить полную гибель клеток и спор *C. Botulinum*, а режимы пастеризации — гибель только их вегетативных клеток, так как ограниченная для данных консервов температура хранения (0–5 °С) гарантирует отсутствие развития и роста их спор, наличие которых контролируется и не допускается в сырье и материалах.

Чтобы исключить возможный микробиологический бомбаж консервов, режимы стерилизации должны обеспечивать отмирание наиболее термостойких спорообразующих непатогенных бактерий *C. Sporogenes*, вызывающих порчу большинства мясных консервов.

Выпускаемые мясной промышленностью консервы не являются абсолютно стерильными. Их относят к промышленно-стерильным продуктам, в которых отсутствуют микроорганизмы и их токсины, опасные для здоровья человека, а также микрофлора, вызывающая порчу продукта.

Факторы, определяющие термостойкость микроорганизмов:

- температура стерилизации;
- продолжительность процесса;
- видовой состав;
- свойства продукта.

Степень влияния процесса стерилизации на микрофлору зависит в основном от двух параметров — уровня температуры и продолжительности ее воздействия.

Критерием выбора *температуры стерилизации* служит величина активной кислотности,

поскольку к ней микроорганизмы проявляют высокую чувствительность. Влияние среды на микроорганизмы выражается в том, что водородные ионы изменяют электрический заряд молекул цитоплазматической клеточной мембраны и, в зависимости от концентрации, увеличивают или уменьшают ее проницаемость для отдельных ионов.

Резкое изменение рН среды, выходящее за пределы значений, характерных для данного вида микроорганизмов, приводит к тому, что их жизнедеятельность прекращается.

Несмотря на видовое разнообразие микрофлоры продукта перед стерилизацией, тестом для установления реакции микроорганизмов на величину активной кислотности консервируемого продукта принята интенсивность отмирания *C. Botulinum*, наиболее опасного для здоровья и жизни человека микроорганизма, продуцирующего нервно-паралитический токсин сильного действия.

Согласно гигиеническим требованиям к обеспечению микробиологической безопасности консервов режимы их стерилизации достаточно рассчитать в отношении полной гибели клеток и спор *C. Botulinum*.

По последним данным, границей между кислотными и малоокислотными продуктами, в которых развивается *C. Botulinum*, является рН = 4,2. В связи с этим кислотные продукты, рН которых 4,2 и менее, стерилизуют при температуре 100 °С и ниже, а малоокислотные с рН более 4,2 — в основном при 112–120 °С. Большая часть мясных консервов имеет рН, близкий к 6,0, поэтому для их стерилизации требуются наиболее жесткие режимы.

Продолжительность стерилизации. Микроорганизмы обладают определенной термостойкостью, под которой понимают способность клеток, нагретых выше максимальной температурной границы развития, сохранять репродуктивные свойства (прорастание и деление). Термостойкость зависит от вида микрофлоры, физиологического состояния клеток и факторов внешней среды. Поэтому в результате нагревания популяции клеток могут получить различное термopовреждение — летальное или сублетальное; они также могут частично либо полностью выжить.

Летальным считается термopовреждение, когда клетки или споры полностью теряют способность к метаболизму и воспроизводству и не восстанавливаются даже в благоприятных для них условиях.

К сублетальному относят термopовреждение, в результате которого клетки или споры при одних, подходящих для развития условиях длительное время остаются в состоянии покоя или восстанавливаются, а при других, также благоприятных условиях, погибают.

В пищевых продуктах при наличии соответствующих условий может происходить восстановление поврежденных нагреванием микроорганизмов, которое протекает исключительно медленными темпами.

Механизм внутриклеточных реакций, ведущих к термической гибели микроорганизмов полностью не раскрыт. Исходя из наиболее распространенной точки зрения, он сводится к денатурации их белковых и нуклеиновых соединений. В результате этого гибель клетки или споры наступает от разрушения ее репродуктивного аппарата, нарушения метаболической системы или поражения других структур.

Своеобразным феноменом является чрезвычайная термоустойчивость спор бацилл и клостридий. Это представляет особый интерес для технологии стерилизованных консервов, так как в них, с одной стороны, должен надежно деактивироваться клостридий ботулиnum, а с другой стороны, целый ряд бактерий, вызывающих порчу, принадлежат к семейству спорообразующих микроорганизмов.

Полагают, что устойчивость спор к нагреванию объясняется наличием у них плотной оболочки, обладающей осмотическим потенциалом по отношению к ядру плазмы. При диффузии воды в оболочку она набухает, в то время как ядро теряет воду. В конечном счете, это обуславливает обезвоживание, «сухость» ядра плазмы в споре, что приводит к повышению ее жароустойчивости. В случае падения осмотического потенциала при определенных условиях ядро плазмы регидратируется и споры становятся восприимчивыми к действию высоких температур.

Уничтожение микробов не происходит мгновенно. Для того чтобы уничтожить микробы при данной температуре стерилизации, необходимо определенное время. Это время условно называют «временем отмирания» или «смертельным» временем. Если нужно получить количественные данные о вымирании микроорганизмов, то должна рассматриваться не отдельная клетка, а вся популяция. Вымирание происходит непрерывно при определенной норме, которая зависит от температуры и характерна для каждого вида бактерий. При данной и достаточно высокой температуре в единицу времени вымирает постоянный процент еще живой популяции клеток.

Между количеством выживших микроорганизмов и продолжительностью нагревания, проведенного при постоянной температуре, существует зависимость, графическое изображение которой называют кривой выживаемости.

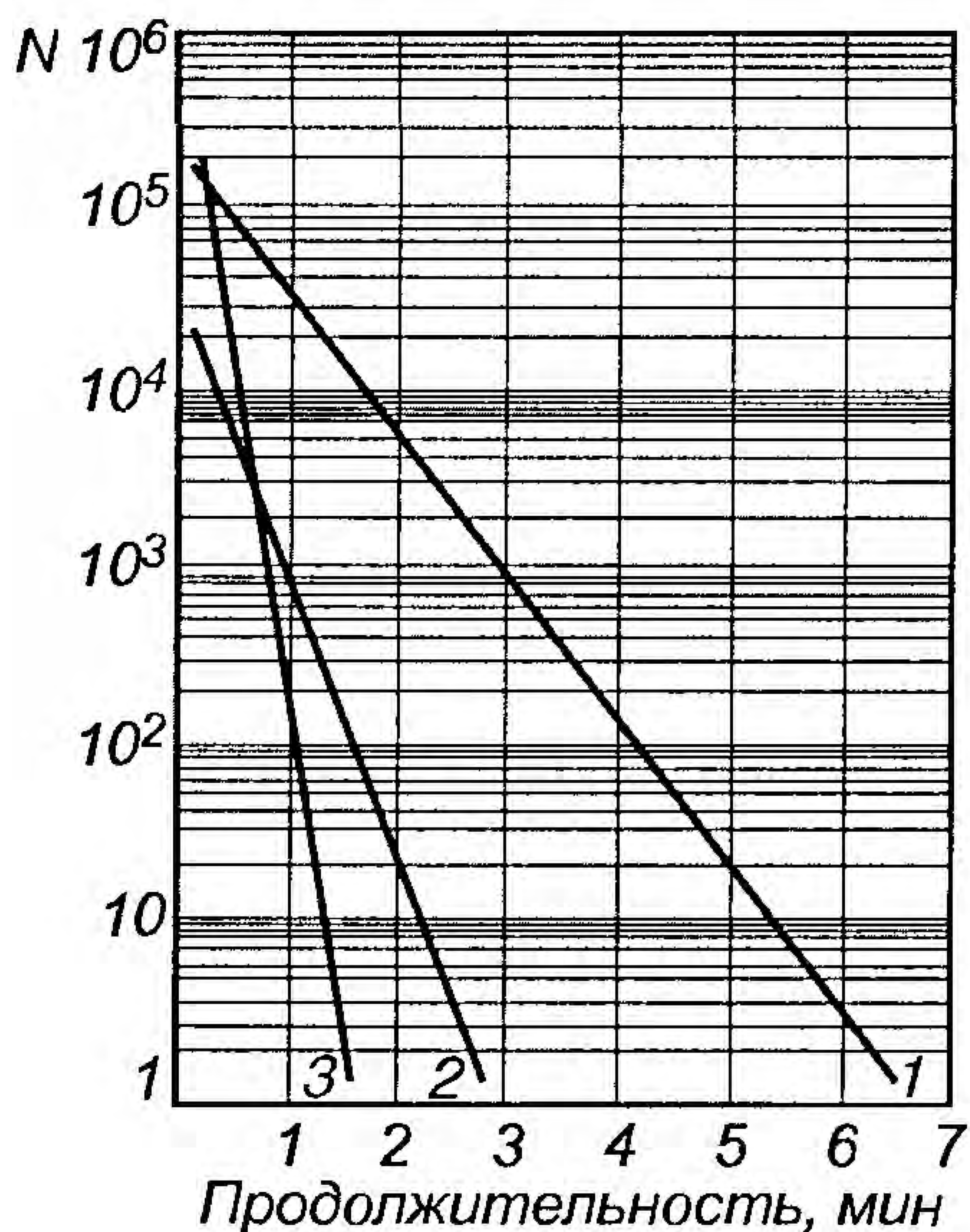


Рис. 11.1. Кривые выживаемости *C. Sporogenes* в полулогарифмических координатах при температурах: 1 — 118 °С; 2 — 121,1 °С; 3 — 124 °С.

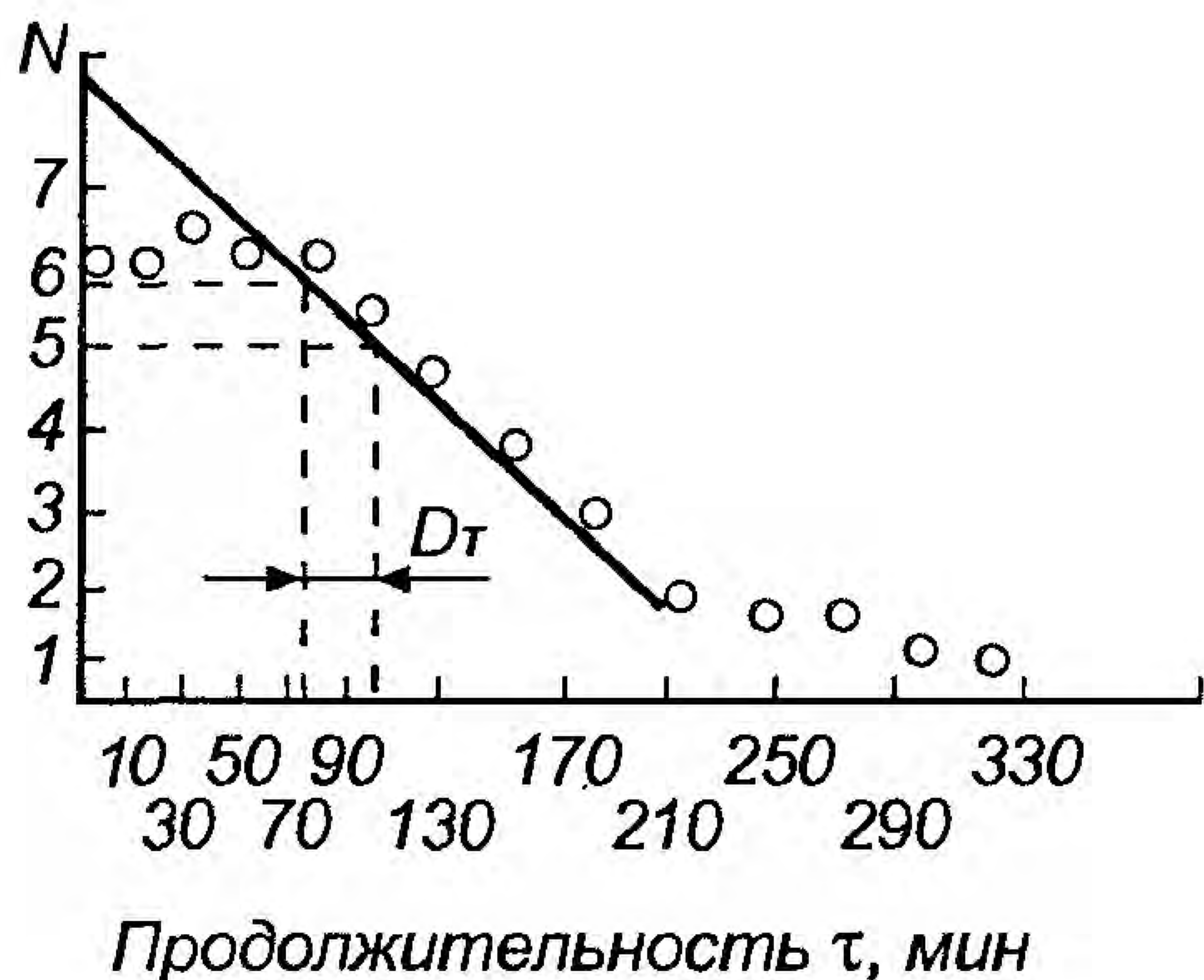


Рис. 11.2. Кривая выживаемости микроорганизмов

Кривая выживаемости имеет экспоненциальный характер и построена в полулогарифмической системе координат, она приобретает вид прямой (рис. 11.1).

Термостойкость микроорганизмов является основным критерием, который позволяет количественно оценить влияние тепловой обработки на популяцию клеток микроорганизмов и их спор. Она характеризуется двумя параметрами.

К одному из них относится кинетическая константа выживаемости микроорганизмов D_T (мин), характеризующая длительность нагревания суспензии спор при постоянной температуре, в течение которой число жизнеспособных клеток или спор снижается в 10 раз (см. рис. 11.2).

Константу термостойкости D_T используют для получения расчетного времени, необходимого для термической гибели определенного количества и вида микроорганизмов при эталонной (базисной) температуре T , которое выражается в условных минутах этой температуры (F_T , усл. мин).

Базисной температурой для малокислотных продуктов, к которым относятся все виды мясных консервов, принята температура 121,1 °С, для кислотных пастеризованных консервов — 80 °С.

Расчетное время термической гибели микроорганизмов для экспоненциальных кривых их выживаемости находят по формуле:

$$F_T = D_T \lg(N_0/N_\phi), \quad (11.1)$$

где N_0 — количество спор (клеток) микроорганизмов в 1 г (см³) продукта, единицы упаковки или партии консервов до стерилизации; N_ϕ — то же, после стерилизации.

Из уравнения видно, что чем меньше микроорганизмов в пищевом продукте к началу стерилизации, тем меньше их в консервах к концу процесса. Это очень важный в практическом отношении вывод, говорящий о необходимости поддержания высокого санитарно-гигиенического уровня на консервных заводах.

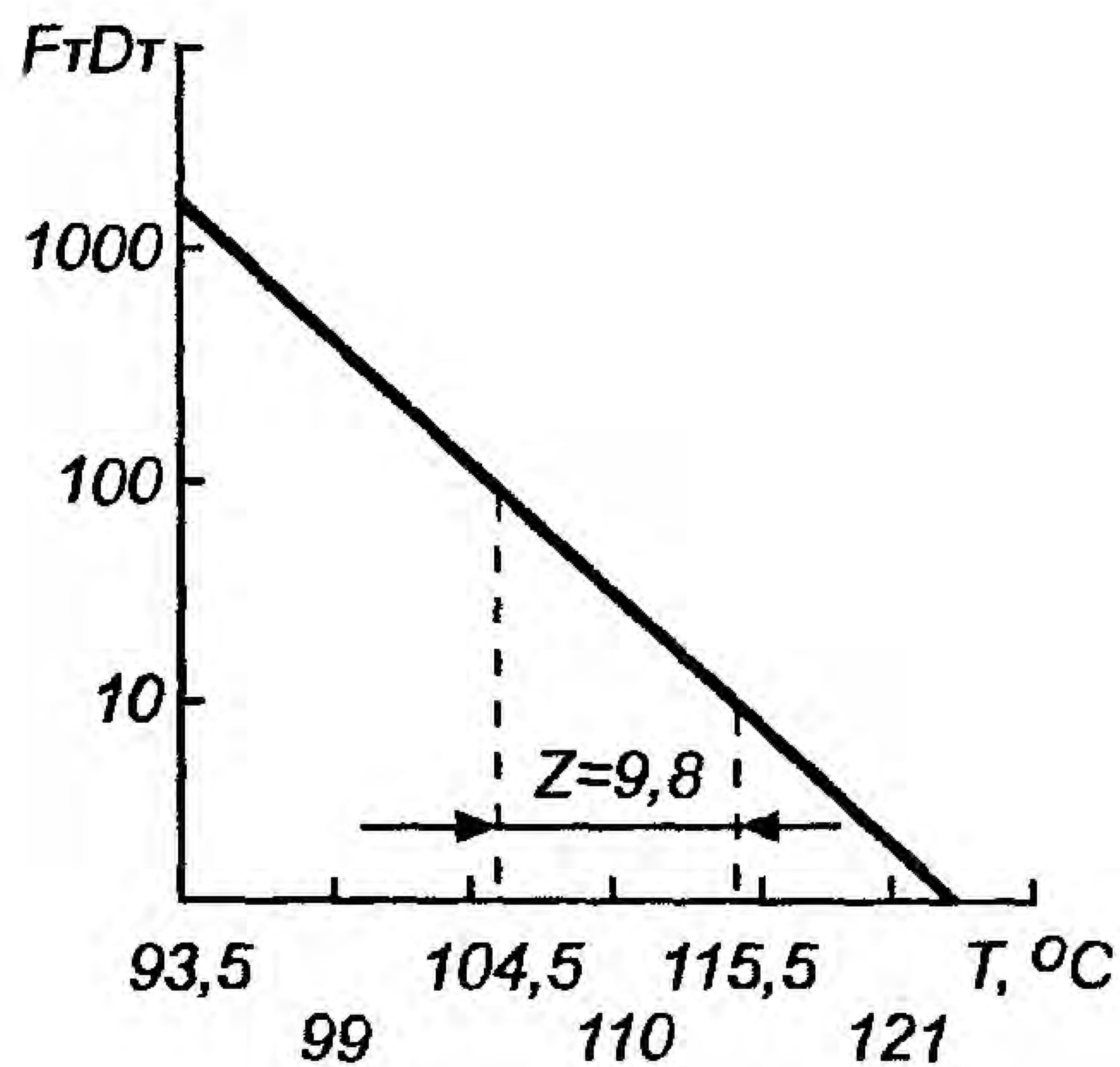


Рис. 11.3. Кривая термостойкости микроорганизмов

Выражая графически зависимость между расчетным временем термической гибели определенного числа клеток (спор) микроорганизмов и температурой их прогрева в системе координат $\lg F_T$, (D_T) , T , получают кривую термостойкости, которая в пределах температур стерилизации консервов аппроксимируется прямой (рис. 11.3).

Из кривой термостойкости находят другую кинетическую константу термостойкости, отражающую число градусов, необходимых для изменения величины F_T или D_T в 10 раз — Z (см. рис. 11.3).

Температурный параметр термостойкости микроорганизмов может быть получен из уравнения, выражающего зависимость между F_T и D_T :

$$F_T^Z = F_0^Z \cdot 10^{\frac{T_0 - T}{Z}}, \quad (11.2)$$

где F_T^Z — расчетное время термической гибели (усл. мин) при исследуемой температуре T ;

T_0 — базисная температура, °C;

F_0^Z — время термической гибели (усл. мин) при базисной температуре;

Z — константа термостойкости микроорганизма, °C.

Выбор тест культуры. Совокупность констант термостойкости D и Z необходима для обоснования режимов стерилизации консервов. Эти параметры определяют не для всех видов термостойкой микрофлоры, способной выжить в консервах и вызвать их порчу, а для одного из них, в основном наиболее термостойкого.

Выбранный для этой цели вид микроорганизма называется тест-культурой. Для мясных консервов в качестве тест-культуры используют анаэробный микроорганизм *C. Sporogenes*, который по термостойкости превосходит *C. Botulinum* и способен вызывать порчу малоокислотных продуктов. Выбор *C. Sporogenes* в качестве тест-микроорганизма для мясных консервов основан на его

терморезистентности. Так, значение константы D при $121,1$ °С (в мин) для *C. Sporogenes* — $0,6-1,5$ в то время как для *C. Botulinum* — $0,21$. Лабораторные испытания нового режима стерилизации заключаются в производстве консервов в соответствии с технологической инструкцией (или ее проектом) и стерилизации предварительно контаминированных тест-культурой консервов в лабораторных условиях.

При установлении обеспеченности гибели тест-культуры предварительно подобранным режимом в соответствии с требованиями промышленной стерильности производят проверку в производственных условиях и утверждение.

Пастеризация. Более низкий уровень тепловой обработки (ниже 100 °С) обеспечивает *пастеризирующий эффект нагрева*. При этом различают изделия, герметично упакованные и защищенные от контаминации — пастеризованные консервы и неупакованные вареные и запеченные изделия, которые могут быть доступны вторичному обсеменению.

Пастеризация консервов предусматривает длительную тепловую обработку при температуре $80-100$ °С, обеспечивающую гибель нетермостойкой неспорообразующей микрофлоры (дрожжей, плесневых грибов, вегетативных форм бактерий), уменьшающую количество спорообразующих микроорганизмов и гарантирующую микробиологическую надежность и безопасность продуктов в течение ограниченного срока хранения при температуре $-2 \div +5$ °С. Она используется для производства ветчинных консервов, которые нельзя подвергать жесткой тепловой обработке из-за резкого снижения качества.

Термическая обработка вареных и запеченных изделий не обеспечивает радикального уничтожения микрофлоры. Хотя при нагреве $68-70$ °С погибает большая часть микроорганизмов в вегетативной форме, некоторые термоустойчивые формы микроорганизмов достигают оптимума развития даже при $60-64$ °С. Кроме того, споровые формы микроорганизмов, как указывалось ранее, выдерживают нагрев при умеренных температурах.

После завершения процесса изготовления общее содержание микробов редко превышает значение 10^3 в г. В принципе в этих изделиях созданы равные исходные микробиологические условия с пастеризованными консервами. Однако остаточная микрофлора развивается несколько иначе, чем в герметичных упаковках. Доступ воздуха способствует развитию аэробных спорообразующих бактерий, возможно обнаружение микрококков и стрептококков, а также лактобацилл.

Дополнительный риск возникает из-за внешних контаминаций у незапакованных изделий, а также во время нарезки с последующей упаковкой.

Существующий критерий определения готовности мясопродуктов в процессе термообработки — достижение температуры в центре изделия $68-72$ °С не обеспечивает требований современного производства к удлинению сроков хранения готовой продукции.

Специалисты НИИ мясной промышленности (г. Кульбах) предлагают оценивать эффективность варки по величине пастеризирующего эффекта, который интегрально отражает воздействие температуры и продолжительность ее экспонирования на микрофлору. Методика определения эффективности варки мясопродуктов весьма близка к широко известной методике расчета нормативного стерилизующего эффекта, применяемого в консервном производстве (см. главу «Производство консервов»). При этом учитывается вид микрофлоры, исходная концентрация, ее регламентируемое конечное содержание, геометрические размеры, вид оболочки, теплофизические свойства продукта и вид греющей среды.

В основе предлагаемой методики лежат экспериментальные данные, показывающие, что степень гибели микроорганизмов зависит не только от конечной температуры в центре продукта в конце нагрева, но и от продолжительности воздействия этой температуры на микрофлору. Предложено ввести в практику показатель F_w , который характеризует интегральный пастеризационный эффект. В зависимости от вида мясных изделий и исходных характеристик, выбираемые на практике (по специальным таблицам) значения F_w , обеспечивающие гарантированный пастеризационный эффект, находятся в диапазоне от 25 до 60.

Применение данного метода в производственных условиях позволило существенно увеличить сроки хранения готовой продукции.

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ И СОСТАВА МЯСА В ПРОЦЕССЕ НАГРЕВА

В процессе тепловой обработки в сырье и мясопродуктах происходят сложные изменения, связанные с проникновением теплоты в продукт и неоднозначно отражающиеся на качестве готового продукта (рис. 11.4).

Глубина этих изменений, зависит главным образом от достигаемой внутри продукта температуры, длительности и способа нагрева, наличия воды в самом продукте или в греющей среде и т. д.

Белки. Наиболее значительное влияние на продукт оказывают превращения белков — основной составляющей тканей мяса.

Изменения белков мяса носят разнонаправленный характер и зависят от температуры нагрева, его продолжительности, вида белка и т. п.

Белки животного происхождения термолабильны: их денатурация начинается при 40 °С и быстро возрастает с повышением температуры. В основном процесс денатурации большей части мышечных белков завершается при температурах 68–70 °С, а при 80 °С мышечные белки денатурируют практически полностью.

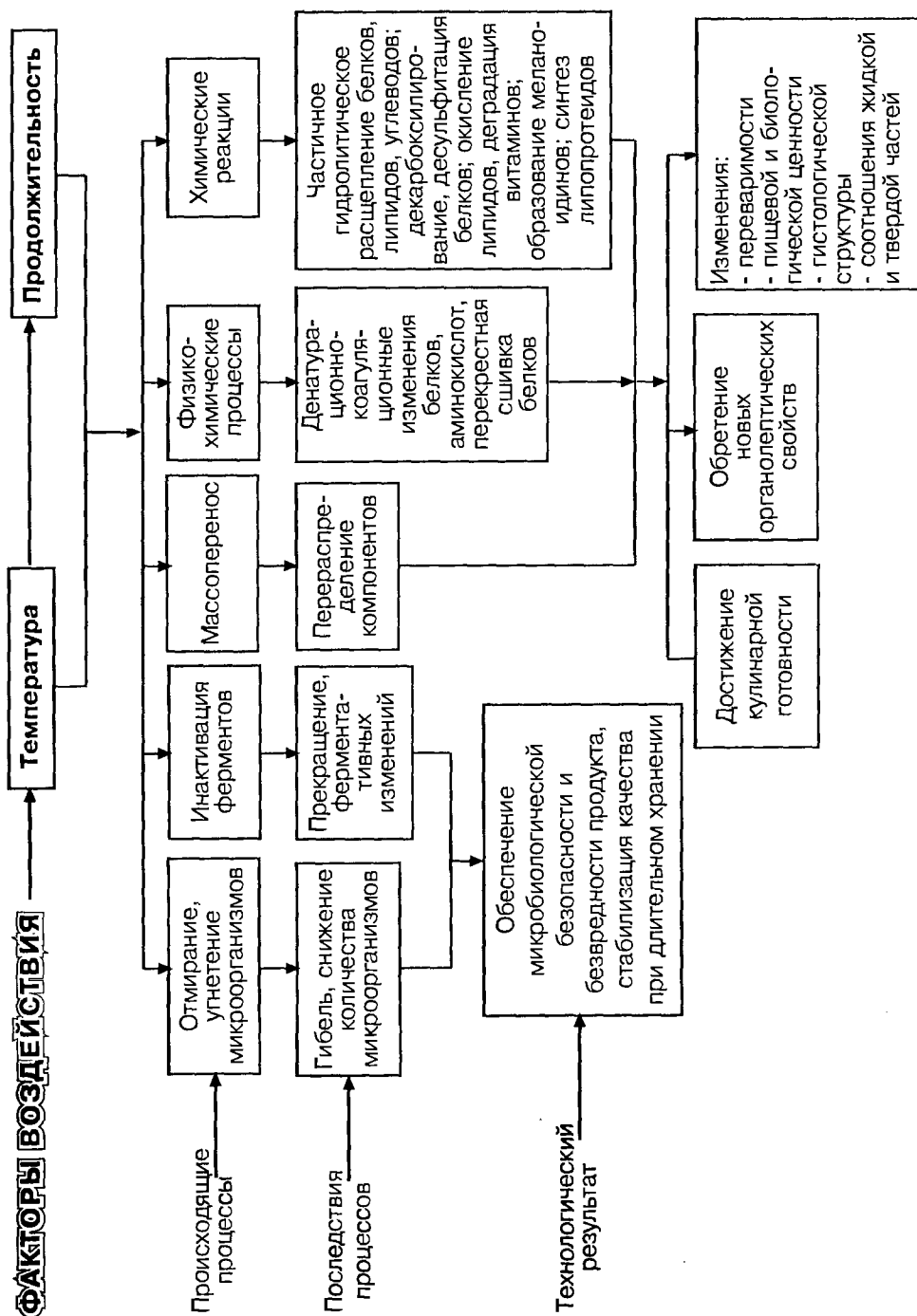


Рис. 11.4. Изменения, происходящие в продукте во время тепловой обработки

Таблица 11.1.

| Белки мяса | Температура денатурации |
|------------|-------------------------|
| Миозин | 45–55 |
| Актин | 50–55 |
| Актомиозин | 42–48 |
| Миоген | 55–56 |
| Миольбумин | 45–47 |
| Глобулин X | 50–80 |
| Миоглобин | 60–70 |
| Коллаген | 58–65 |
| Эластин | 125 |

Температура денатурации основных белков мяса показана в табл. 11.1.

При температурах 65–68 °С белки теряют свои специфические биологические свойства, в том числе ферментативную активность.

В результате термоденатурации изменяется растворимость, степень гидратации и уровень эмульгирующей способности белков, их состояние, характер связей.

Изменения миофибриллярных белков протекают ступенчато, соответственно температурным интервалам. В диапазоне температур 52–70 °С наблюдаются собственно денатурационные изменения. Они сопровождаются разрывом части водородных связей и дезориентацией полипептидных цепочек. Глобулярные белки разворачиваются и по структуре приближаются к фибриллярным.

Для разрыва водородных связей и разворачивания цепей необходимо присутствие воды, проникающей в пространства между складками цепей. В отсутствие воды нагрев даже выше 100 °С не вызывает денатурации.

Степень разрушения водородных связей, удерживающих полипептидные цепочки в молекуле белка, зависит от температуры и длительности нагрева.

На первой стадии тепловая денатурация белков обратима. Дальнейшее повышение температуры вызывает увеличение скорости движения воды, что приводит к дегидратации полярных групп боковых цепей белковой молекулы, вследствие чего становится возможным непосредственный контакт между ними. Это сопровождается ослаблением и частичным нарушением вторичных связей, обусловленных силами молекулярного взаимодействия. Природная конформация белковой молекулы исчезает. Раскручивание белковых цепей и их большее обводнение приводит к разрыхлению структуры и размягчению мяса.

Повышение температуры до 70–80 °С и некоторая выдержка при данной температуре сопровождается превалированием коагуляционных процессов над денатурационными. Это происходит в результате вторичного образования межмолекулярных мостиковых связей между пептидными цепями в белковой молекуле (рис. 11.5). Гидратация белков уменьшается.

Денатурированные белковые частицы переходят, как правило, из состояния золя в нерастворимый коагулянт за счет образования агрегатов молекул, что сопровождается выделением влаги и увеличением жесткости мяса.

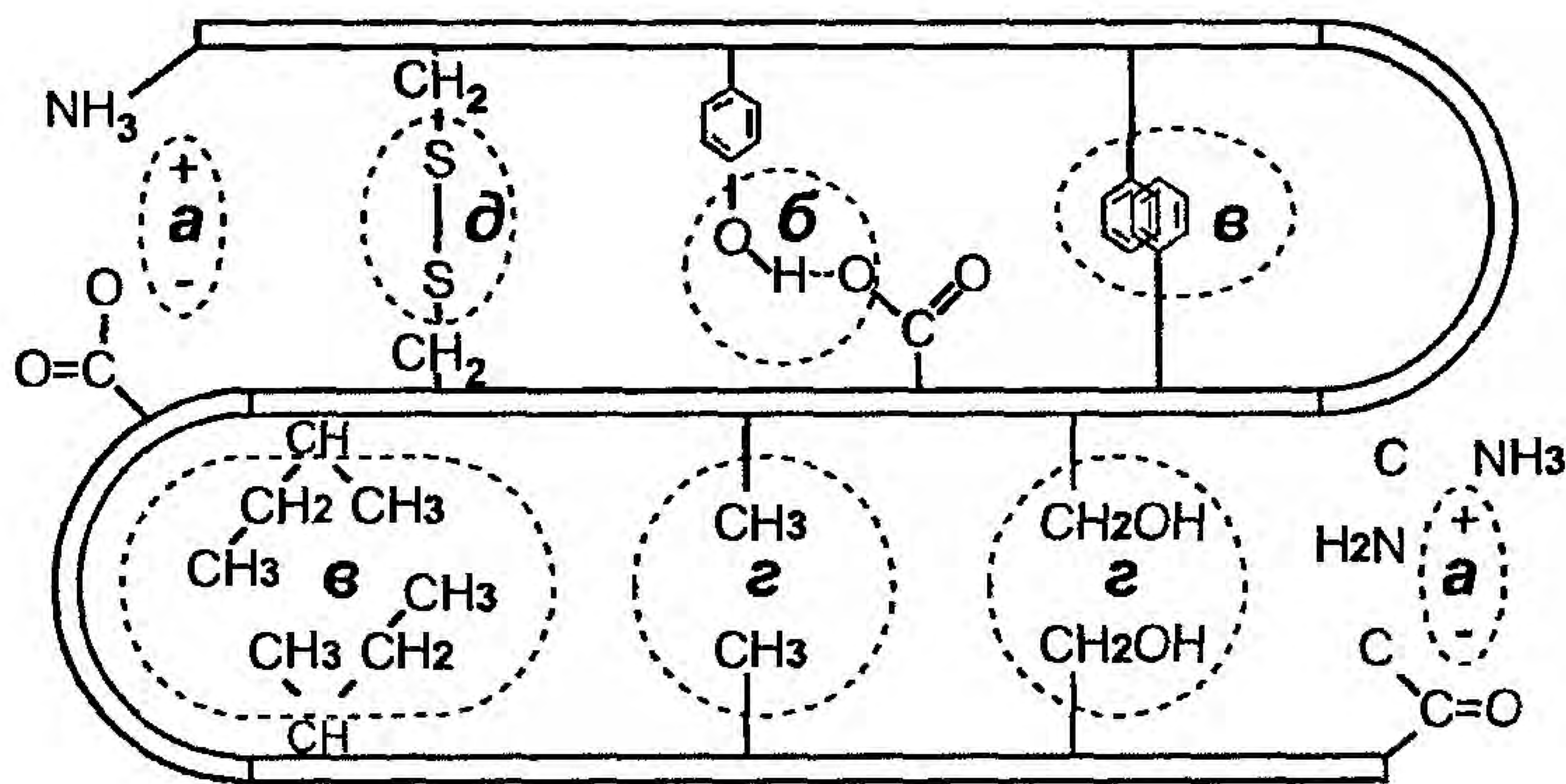


Рис. 11.5. Образование различных типов связей при термообработке мяса: а — электростатическое воздействие; б — водородные связи; в, г — гидрофобное взаимодействие; д — дисульфидные мостики.

Денатурирующее действие тепла зависит от условий, в которых происходит нагрев. Устойчивость большинства животных белков минимальна при значениях рН, близких к изоэлектрической точке. Нейтральные соли щелочных металлов (например, хлористый натрий) повышают устойчивость белков к тепловой денатурации.

Нагрев при температурах стерилизации вызывает дальнейший гидролиз белков с образованием пептидов, низкомолекулярных пептидов, свободных аминокислот и азотистых оснований. Во время стерилизации развиваются процессы дезаминирования аминокислот, декарбоксилирования и десульфитации белковых веществ с образованием конечных продуктов распада — аммиака, углекислого газа, сероводорода.

Белки соединительной ткани, как указывалось ранее, при тепловой обработке подвергаются существенным изменениям. В зависимости от разновидности соединительной ткани, коллаген при нагревании до 58–62 °С во влажном состоянии сваривается, что сопровождается деформацией коллагеновых волокон и снижением прочности (примерно в 5–6 раз), а также повышением усвояемости. При продолжительном нагреве сваренный коллаген дезагрегируется с образованием глютена и высокомолекулярных пептидов.

Чем выше температура, больше степень измельчения и продолжительнее нагрев, тем больше образуется низкомолекулярных продуктов дезагрегации коллагена и глубже выражены изменения его состояния (рис. 11.6). Полный гидролиз коллагена происходит при его нагреве в течение 3 ч при температуре 120 °С.

Структурные изменения коллагена при тепловой обработке мяса имеют положительное значение, т.к. им сопутствуют уменьшение жесткости мяса, увеличение выхода. Трансформация коллагена играет существенную роль в структурообразовании мясных продуктов, поскольку после охлаждения он способен образовывать желе. Сваренный коллаген и продукты его распада лучше усваиваются в организме, чем сам коллаген.

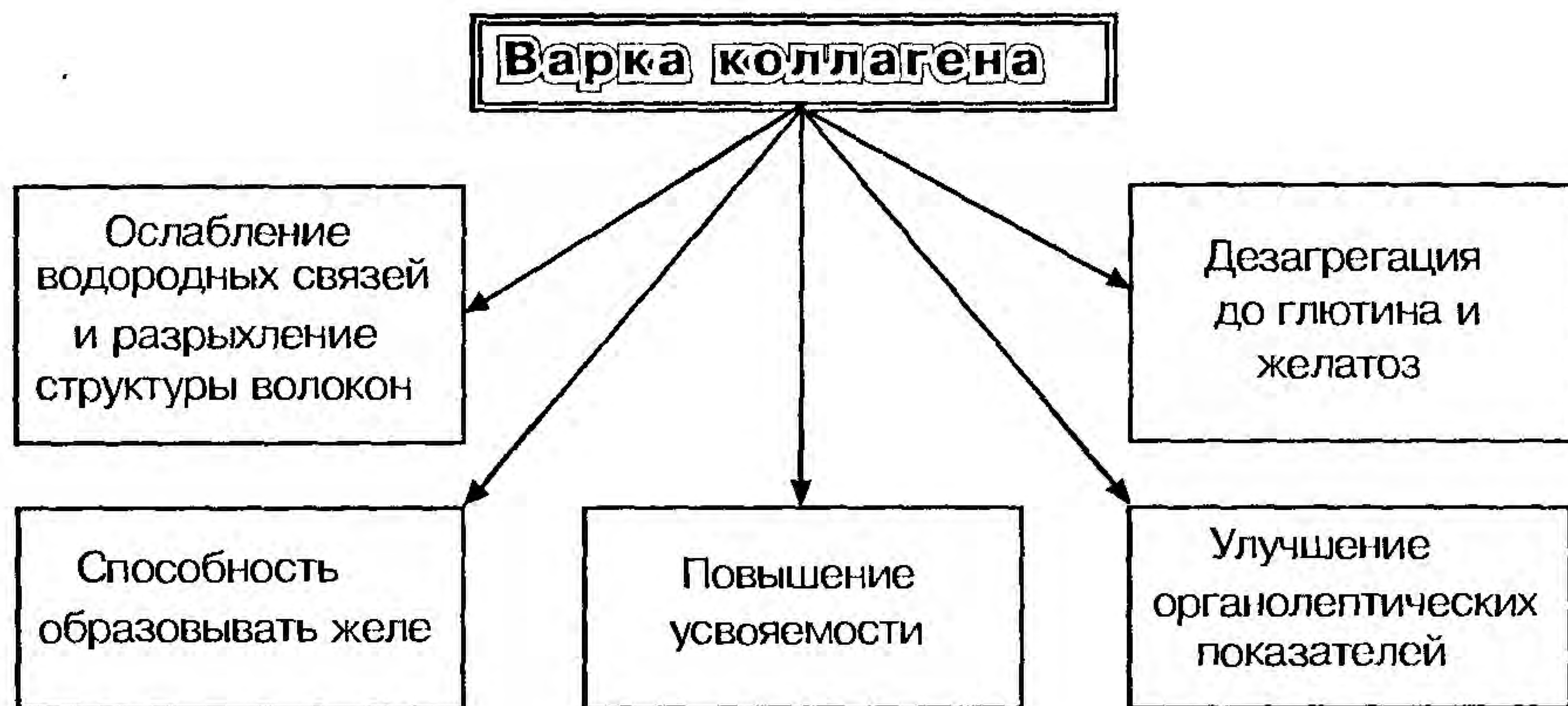


Рис. 11.6. Влияние варки на состояние и свойства коллагена

Липиды. Тепловая обработка тканей, содержащих жир, вызывает разрушение жировых клеток, плавление и коалесценцию жира.

При длительном нагреве в условиях контакта с водой возможны химические изменения жиров: гидролиз и окислительные процессы. Уровень гидролиза жиров с образованием жирных кислот незначителен при умеренном нагреве и несколько повышается при стерилизации (до 20 %).

Во время варки и стерилизации часть липидов переходит в бульон. Низкомолекулярные жирные кислоты, отщепляющиеся при гидролизе, положительно влияют на запах мяса. Однако при длительной термообработке возможно образование оксикислот, которые придают бульону запах осаливания и темный цвет.

Во время стерилизации липиды и продукты их окисления взаимодействуют с белками, образуя комплексы — протеолипиды и липопротеиды. Эти процессы наряду с образованием оксикислот снижают пищевую ценность мясопродуктов.

Витамины, содержащиеся в мясе, имея неодинаковую химическую природу, во время тепловой обработки подвергаются разрушению в разной степени. Из водорастворимых витаминов наименее устойчивые витамины В₁ и аскорбиновая кислота, из жирорастворимых — витамин Д. Наиболее устойчив витамин А.

Изменение содержания витаминов в мясе при нагревании зависит также от режимов и способов тепловой обработки. Нагрев при умеренных температурах приводит к некоторому снижению витаминной ценности, а при нагреве выше 120 °С степень разрушения витаминов достигает 40–70 %.

Сухой нагрев в контакте с воздухом, например, жарение мясопродуктов, сопровождается интенсивным разрушением всех витаминов, в особенности тех, которые легко окисляются (Е, С).

Ферменты. При нагреве до температуры завершения денатурационных процессов (70 °С) тканевые ферменты мяса утрачивают свою активность.

Инактивация ферментов является одним из важных факторов, определяющих длительность хранения мясопродуктов. В технологической практике эффективность тепловой обработки определяют по степени остаточной активности ферментов (кислой фосфатазы).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ МЯСА ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ

Денатурация мышечных белков, сваривание и гидротермическая дезагрегация коллагена находят свое внешнее выражение в изменении структурно-механических характеристик нагреваемых продуктов, а также их геометрических размеров.

Влияние нагрева на структурные изменения мяса (Антипова Л. В.) показано на рис. 11.7.

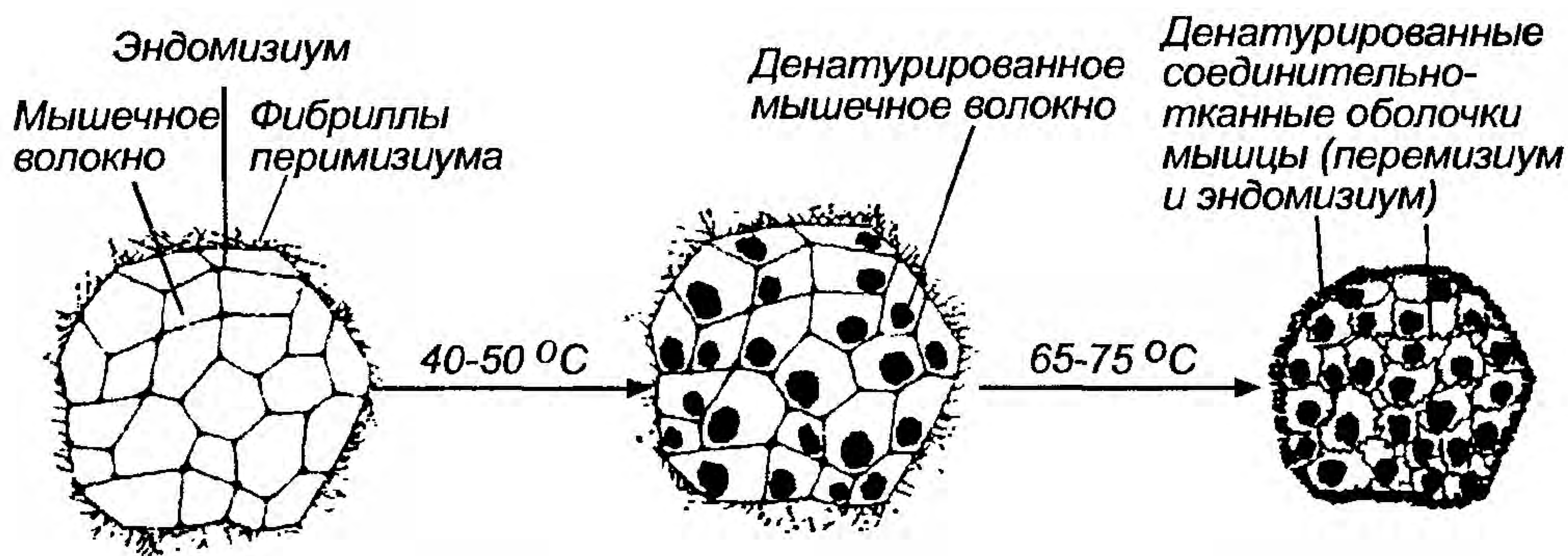


Рис. 11.7. Модель последовательного сокращения миофибриллярных (при 40–50 °С) и соединительнотканых (60–70 °С) белков мяса в процессе тепловой обработки

При тепловой обработке продуктов с неразрушенной клеточной структурой целостность мышечных волокон сохраняется, но они уплотняются и уменьшаются в диаметре вследствие денатурации белков. В начале нагрева коллагеновые волокна сарколеммы становятся прозрачными, уменьшается их извитость, увеличивается толщина. При температуре 65 °С пучки сокращаются, теряют волокнистые очертания, становятся менее плотными, более стекловидными. Появляются участки с разрушенным коллагеном, заполненные глютином, а затем разрушенная ткань приобретает зернистое строение. Степень разрушения зависит от свойств соединительной ткани, температуры и продолжительности тепловой обработки. Чем грубее соединительно-тканые оболочки, тем устойчивее они к нагреву.

Тепловая обработка мяса, содержащего незначительное количество соединительной ткани, ведет к уплотнению структуры мяса в результате коагуляции мышечных белков.

Так как сваривание и гидротермическая дезагрегация коллагена снижают прочностные свойства, то мясо, содержащее много соединительной ткани, после нагрева становится менее жестким. Однако если степень разрушения структуры тканей слишком велика, мясо распадается на отдельные волокна вследствие нарушения связи между пучками мышечных волокон, объединяемых соединительнотканными прослойками.

Отсюда следует, что достижению *кулинарной готовности* продукта должна отвечать определенная степень распада коллагена, достаточная для размягчения тканей, но не более той, при которой начинается их заметный распад. Но так как прочностные свойства животных тканей под действием нагрева изменяются в результате двух противоположно направленных факторов — коагуляции белков и распада коллагена, кулинарная готовность определяется их суммарным действием и связана с соотношением мышечной и соединительной тканей в мясе.

По данным Института питания Российской академии медицинских наук состояние кулинарной готовности достигается, когда распадается 20–45 % коллагена соединительной ткани.

Для изделий, в которых содержится мало соединительной ткани, кулинарная готовность определяется денатурацией растворимых белков, так как с увеличением времени нагрева их жесткость и обезвоживание тканей возрастают. Практически для этого достаточно прогреть продукт на всю глубину примерно до 70 °С.

Изменения белков мышечной и соединительной тканей при нагреве приводят к усадке и уменьшению объема мяса и мясопродуктов с неразрушенной структурой, что связано с выделением воды. Так при варке несоленых мясопродуктов может выделиться 35–40 % воды, величина потерь влаги продуктом влияет не только на жесткость, но и определяет *выход продукта*.

На потери воды существенно влияет степень развития коагуляционных явлений, которые сопровождаются уменьшением водосвязующей способности.

Наиболее важным в сокращении потерь влаги является выбор таких режимов тепловой обработки, которые должны быть лишь минимально необходимыми соответственно особенностям состава и свойств продукта. Это связано с тем, что повышение температуры в диапазоне 75–90 °С на 1 °С вызывает увеличение потерь массы в среднем на 0,37 % против 0,25 % при нагреве от 65 до 75 °С и 0,14 % — при нагреве от 55 до 65 °С.

Водосвязующую способность мясопродуктов, подвергаемых тепловой обработке, можно увеличить, используя парное или хорошо созревшее мясо, а также сдвигая рН в ту или иную сторону от изоэлектрической точки белков (фосфаты, органические кислоты). Поваренная соль в относительно

небольших количествах увеличивает водосвязующую способность, в больших — уменьшает.

Тепловая обработка способствует созданию новых *органолептических свойств* мяса и мясопродуктов. Хотя специфика образования вкусоароматических веществ была рассмотрена ранее, следует отметить, что именно нагрев вызывает изменения составных частей мяса, ответственных за появление мясного вкуса и аромата. Решающую роль в образовании вкуса и запаха вареного мяса играют экстрактивные вещества. Количественные изменения многих экстрактивных веществ обусловлены двумя противоположно направленными процессами: их накоплением в результате распада высокомолекулярных соединений и уменьшением вследствие их собственного распада под влиянием нагрева и потерь в окружающую среду.

Потери водорастворимых белков и экстрактивных веществ при варке обуславливают вкус и аромат бульона. При погружении мяса в холодную воду массовая доля этих веществ значительно выше, чем при погружении в кипящую воду. В последнем случае происходит быстрая коагуляция белков в поверхностном слое. Поэтому в колбасном производстве продукты погружают в кипящую или нагретую до 95 °С воду.

Важное значение в образовании аромата и отчасти вкуса мяса при нагревании играет реакция меланоидинообразования, или реакция Майяра. Эта реакция взаимодействия между аминокетонами свободных аминокислот, полипептидов или белков и карбоксильными группами углеводов.

Реакция Майяра — это серия реакций, в результате которой образуются промежуточные продукты, обуславливающие появление характерного запаха — карбонильные соединения (альдегиды, кетоны, летучие кислоты), серосодержащие соединения и др. Конечными продуктами этих реакций являются меланоидины — полимеры темно-коричневого цвета (рис. 11.8).

В обычных условиях эта реакция протекает очень медленно, ее последствия сказываются лишь при длительном хранении. Нагрев резко ускоряет ее течение. Интенсивность образования меланоидинов и их промежуточных продуктов зависит от температуры и продолжительности воздействия теплоты. Поэтому в наиболее наглядной форме последствия этой реакции проявляются при стерилизации, запекании и жарении.

С потребительской, технологической и медико-биологической точек зрения влияние меланоидинов на пищевые продукты оценивается неоднозначно. Они положительно воздействуют на аромат при умеренных температурах нагрева и отрицательно сказываются на цвете, вызывая покоричневение консервов и жареных продуктов. Меланоидины, образующиеся при кулинарной обработке продуктов, не расщепляются пищеварительными ферментами человека.

Характер формирования вкусоароматических веществ мяса, а также их потерь при тепловой обработке существенно зависят от вида продукта, его структуры, способа и техники нагрева, от наличия или отсутствия защитной оболочки на поверхности продукта.



Рис. 11.8. Схема образования меланоидин

Пищевая и биологическая ценность мяса и мясопродуктов обусловлена рядом как позитивных, так и негативных аспектов. Белки мяса после термообработки становятся более доступными действию пищеварительных ферментов, что особенно важно для коллагена. Поэтому нагрев повышает уровень их перевариваемости и усвояемости. В то же время длительный нагрев может увеличивать устойчивость белков к ферментам вследствие развития последенатурационных изменений. Это характерно для стерилизованного мяса.

Нагрев вызывает инактивацию и разрушение витаминов, особенно водорастворимых. В результате выделения влаги теряется часть водорастворимых белков, аминокислот, экстрактивных веществ, жирных кислот. Продукты реакции Майяра трудноусвояемы в организме и могут провоцировать канцерогенность.

Таким образом, при тепловой обработке мяса и мясных продуктов происходят важные биохимические, физико-химические и микробиологические процессы, в результате которых обеспечивается гигиеническая безопасность продуктов, их кулинарная готовность, формируются органолептические свойства, повышается стабильность при хранении. Принципиальная направленность этих явлений сохраняется для всех видов тепловой обработки. Вместе с тем в силу специфики технологий отдельных видов мясных продуктов каждый из них имеет свои отличительные особенности, которые будут рассмотрены в части, посвященной переработке мяса.

Контрольные вопросы и задания

- 1. С какой целью применяют тепловую обработку в мясной промышленности?*
- 2. В чем заключается консервирующее действие нагрева?*
- 3. Что такое стерилизация и пастеризация?*
- 4. Почему для консервирования пищевых продуктов не используют полную стерилизацию?*
- 5. Какие факторы влияют на стойкость микрофлоры при стерилизации?*
- 6. Какими параметрами характеризуется термостойкость микроорганизмов?*
- 7. Как влияет пастеризация различных видов мясопродуктов на микрофлору?*
- 8. Какие изменения происходят с белками при тепловой обработке?*
- 9. Как изменяется структура мяса при тепловой обработке?*
- 10. Как влияет тепловая обработка на кулинарную готовность и выход мясопродуктов?*
- 11. Расскажите о формировании вкуса и аромата при тепловой обработке.*