

Ю. Г. БАЗАРНОВА, Т. Е. БУРОВА, В. И. МАРЧЕНКО,
В. А. СМЕЛИК, Н. А. ТРЕТЬЯКОВ

БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по агрономическому образованию в качестве учебного пособия для подготовки бакалавров по направлению 110900 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции»



Санкт-Петербург
2011

УДК 001.8:637.07:635-154:639.2.068

ББК 36-1

Баз17

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф., зав. каф. ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий» *А. Л. Ишевский;*

д-р техн. наук, доц., зав. лаб. ОАО «Гипрорыбфлот» *Е. Э. Куприна*

Авторы:

Ю. Г. Базарнова, Т. Е. Бурова,
В. И. Марченко, В. А. Смелик, Н. А. Третьяков

Баз17

Базарнова, Ю. Г.

Биохимические основы переработки и хранения сырья животного происхождения : учебное пособие / Ю. Г. Базарнова, Т. Е. Бурова, В. И. Марченко и др. — СПб. : Проспект Науки, 2011. — 192 с.

ISBN 978-5-903090-61-7

Приведены теоретические основы и методы анализа состава, строения, автолитических изменений, степени свежести мяса убойных животных и птицы, рыбного сырья, яйцепродуктов и сливочного масла, а также информация о методах контроля качества сырья животного происхождения при хранении в охлажденном и замороженном состоянии.

Книга рассчитана на студентов вузов, обучающихся по направлениям «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции», «Технология сырья и продуктов животного происхождения», «Пищевая биотехнология», а также будет полезна для специалистов АПК и пищевой промышленности.

ISBN 978-5-903090-61-7

© Коллектив авторов, 2011

© ООО «Проспект Науки», 2011

Содержание

СПИСОК ТЕРМИНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ	7
РАЗДЕЛ 1. СОСТАВ И СТРОЕНИЕ СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ	12
1.1. СОСТАВ И СТРОЕНИЕ ЖИВОТНОЙ ТКАНИ	12
1.1.1. Особенности строения животной клетки	12
1.1.2. Состав и строение основных животных тканей	15
1.2. АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ	25
1.2.1. Определение содержания влаги	25
1.2.2. Определение содержания минеральных веществ (золы)	28
1.2.3. Определение содержания жира	30
1.2.4. Определение содержания жира рефрактометрическим методом	32
1.2.5. Определение белковых веществ	33
1.2.6. Определение белкового азота	35
1.2.7. Определение небелкового азота	36
1.2.8. Методы выделения белковых фракций мышечной ткани	37
1.2.9. Определение экстрактивных веществ мышечной ткани	39
Контрольные вопросы к разделу 1	40
РАЗДЕЛ 2. АВТОЛИТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ	42
2.1. АВТОЛИТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В МЯСЕ ГОВЯДИНЫ, СВИНИНЫ, БАРАНИНЫ	42
2.1.1. Молекулярный механизм сокращения и расслабления	43
2.1.2. Созревание мяса	47
2.2. ОСОБЕННОСТИ ПРОТЕКАНИЯ АВТОЛИЗА В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ПТИЦЫ И РЫБ	50
2.3. ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОЛИТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ МЯСА УБОЙНЫХ ЖИВОТНЫХ	52
2.3.1. Определение активности внутриклеточных протеолитических ферментов	53
2.3.2. Определение массовой доли белковых фракций мышечной ткани	56
2.3.3. Определение содержания продуктов гидролиза белков и пептидов	60
2.3.4. Оценка органолептических показателей мясного бульона и продуктов распада белков	62

2.4. АВТОЛИТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЖИРОВОЙ ТКАНИ	65
2.4.1. Гидролитические изменения липидов	66
2.4.2. Окислительные изменения липидов	72
2.5. ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОЛИТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ЖИВОТНЫХ ЖИРОВ	79
2.5.1. Определение стойкости жира к окислению	80
2.5.2. Определение кислотного числа жира	82
2.5.3. Определение перекисного числа	83
2.5.4. Реакция на эпигидриновый альдегид	85
2.5.5. Определение свежести жира по реакции с нейтральным красным	85
Контрольные вопросы к разделу 2	86

РАЗДЕЛ 3. ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ХРАНЕНИИ В УСЛОВИЯХ ОХЛАЖДЕНИЯ

3.1. ПОРЧА МЯСА	87
3.1.1. Гниение мяса	87
3.1.2. Окисление мяса	92
3.1.3. Загар мяса	94
3.2. ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ОХЛАЖДЕННОГО МЯСА ПРИ ХРАНЕНИИ	95
3.3. ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ЯЙЦЕПРОДУКТОВ ПРИ ХРАНЕНИИ В УСЛОВИЯХ ОХЛАЖДЕНИЯ	96
3.3.1. Строение и состав куриного яйца	97
3.3.2. Изменения куриного яйца при хранении	100
3.3.3. Продукты переработки яиц	102
3.4. ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА И СВОЙСТВ СЛИВОЧНОГО МАСЛА ПРИ ХРАНЕНИИ В УСЛОВИЯХ ОХЛАЖДЕНИЯ ..	104
3.5. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СВЕЖЕСТИ МЯСА ПРИ ХОЛОДИЛЬНОМ ХРАНЕНИИ	107
3.5.1. Органолептическая оценка свежести мяса	107
3.5.2. Определение количества летучих жирных кислот	109
3.5.3. Реакции с сульфатом меди в бульоне	110
3.5.4. Определение в мясе содержания аминокислотного азота	111
3.5.5. Определение рН мяса	113
3.6. ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕЖЕСТИ ОХЛАЖДЕННОЙ ПТИЦЫ	115
3.6.1. Органолептическая оценка свежести тушек птицы	115
3.6.2. Приготовление водной вытяжки	116
3.6.3. Реакция на аммиак с помощью реактива Несслера	117
3.6.4. Реакция на пероксидазу с бензидином	117
3.6.5. Определение свежести жира тушек птицы	117

3.7. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОХЛАЖДЕННОГО СЛИВОЧНОГО МАСЛА	119
3.7.1. Ускоренный метод определения влаги в сливочном масле	120
3.7.2. Определение кислотности сливочного масла	120
3.7.3. Определение кислотного числа молочного жира сливочного масла	121
3.7.4. Определение перекисного числа молочного жира сливочного масла	122
3.7.5. Определение окисленности молочного жира сливочного масла	123
3.7.6. Определение поваренной соли в сливочном масле аргентометрическим методом	125
3.8. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА СУХИХ ЯЙЦЕПРОДУКТОВ ПРИ ХОЛОДИЛЬНОМ ХРАНЕНИИ ..	126
3.8.1. Определение массовой доли влаги	126
3.8.2. Определение массовой доли жира в жиромере	127
3.8.3. Определение кислотности	127
3.8.4. Определение растворимости	128
Контрольные вопросы к разделу 3	130

РАЗДЕЛ 4. ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗАМОРОЖЕННОГО СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИИ

132

4.1. ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ЗАМОРАЖИВАНИИ И ХРАНЕНИИ В ЗАМОРОЖЕННОМ СОСТОЯНИИ	134
4.1.1. Изменение микроструктуры тканей мяса при замораживании	135
4.1.2. Коллоидные изменения мышечных белков замороженного мяса	138
4.1.3. Автолитические изменения замороженного мяса	141
4.1.4. Изменения влагосвязывающей способности замороженного мяса	144
4.1.5. Микробиологические изменения в замороженном мясе	145
4.1.6. Окислительные изменения замороженного мяса	145
4.1.7. Рекристаллизация льда в замороженном мясе	148
4.1.8. Изменение качества замороженной рыбы при хранении	149
4.1.9. Изменение качества замороженного мяса птицы при хранении	151
4.1.10. Изменение качества замороженных яйцепродуктов ..	151
4.2. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗАМОРОЖЕННОГО МЯСА ПРИ ХРАНЕНИИ	153
4.2.1. Определение влагосвязывающей способности мяса методом Грау-Гамма	153
4.2.2. Определение влагосвязывающей способности мяса методом центрифугирования	154

4.2.3.	Определение содержания общего фосфора в замороженном мясе при хранении.	155
4.2.4.	Определение цвета замороженного мяса при хранении.	158
4.2.5.	Определения содержания вторичных продуктов окисления липидов, реагирующих с 2-ТБК, в замороженном мясе при хранении.	160
4.2.6.	Исследование тиолдисульфидной системы замороженного мяса при хранении.	161
4.2.7.	Исследование перевариваемости мяса и мясных продуктов <i>in vitro</i> при холодильном хранении.	163
4.3.	ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗАМОРОЖЕННОЙ РЫБЫ	170
4.3.1.	Отбор проб мороженой рыбы.	171
4.3.2.	Органолептическая оценка рыбы (после размораживания)	172
4.3.3.	Определение гистологической структуры мышечной ткани рыбы	173
4.3.4.	Определение продуктов распада белковых веществ в замороженной рыбе при хранении.	174
4.3.5.	Определение содержания перекисей в жире замороженной рыбы при хранении.	175
4.3.6.	Определение содержания карбонильных соединений в жире замороженной рыбы при хранении	177
4.3.7.	Определение свободных жирных кислот в жире замороженной рыбы при хранении.	180
4.3.8.	Определение свободных жирных кислот, моно-, ди- и триглицеридов в жире замороженной рыбы при хранении методом тонкослойной хроматографии (ТСХ)	180
4.4.	ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗАМОРОЖЕННЫХ ЯЙЦЕПРОДУКТОВ	184
4.4.1.	Органолептическая оценка замороженного меланжа	184
4.4.2.	Определение массовой доли влаги в замороженном меланже	184
4.4.3.	Определение массовой доли белка в замороженном меланже	185
4.4.4.	Определение массовой доли жира в замороженном меланже	186
4.4.5.	Определение кислотности яичного меланжа	187
4.4.6.	Определение pH меланжа	187
4.4.7.	Контроль пастеризации меланжа	187
	Контрольные вопросы к разделу 4	188
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	190

СПИСОК ТЕРМИНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ

Автолиз — сложный комплекс биохимических и механохимических изменений, происходящих в мясе после прекращения жизни животного, и затрагивающий компоненты мышечной, жировой и соединительной тканей.

Азотистые экстрактивные вещества мяса — вещества двух групп, одни из которых (мочевина, мочевая кислота, аммонийные соли и др.) выполняют при жизни животного специфические функции организма в процессе обмена веществ и энергии, а другие (пуриновые основания, аминокислоты и др.) представляют собой промежуточные продукты белкового обмена.

Актин — белок, полимеризованная форма которого образует микрофиламенты — один из основных компонентов цитоскелета эукариотических клеток. Вместе с белком миозином образует основные сократительные элементы мышц — актомиозиновые комплексы саркомеров. Представляет собой водорастворимый глобулярный белок (М 42 000). С каждой молекулой актина связана одна молекула АТФ (G-актин). При добавлении Mg^{2+} и некоторых других ионов актин быстро полимеризуется (с образованием неорганического фосфата), образуя двунитчатую спиральную структуру — F-актин, содержащий АДФ. Тонкие филаменты мышцы образованы такими двунитчатыми структурами, внутри которых молекулы актина связаны между собой нековалентными связями.

Актомиозиновый комплекс (актомиозин) — сложный белок мышечных волокон, обуславливающий их сократительную способность. Состоит из белков актина и миозина, которые образуют актомиозиновый комплекс, обладающий АТФ-азной активностью, то есть способностью расщеплять АТФ, освобождая при этом энергию, необходимую для обеспечения сократительной деятельности мышц. Актомиозин является основным структурным элементом сократительной системы мышц.

Антиокислители (ингибиторы окисления) — вещества, замедляющие (тормозящие) процесс автоокисления липидов.

Аппарат Гольджи — органоид клетки, являющийся связующим звеном между мембранами эндоплазматической сети и плазмалеммой. Комплекс Гольджи выполняет транспортные функции.

Арбитражные методы — методы, используемые для анализа пищевых продуктов, при решении спорных вопросов, касающихся их качества, или рекламациях.

Ацильный радикал — анион (кислотный остаток) жирной кислоты.

Безазотистые экстрактивные вещества мяса — углеводы и продукты их обмена (глюкоза, мальтоза, молочная, пировиноградная, янтарная и другие органические кислоты), а также витамины и органические фосфаты.

Белковые вещества — основной строительный материал клетки и межклеточного вещества. Включают белки, олигопептиды, пептиды и их производные.

Вакуоль — клеточный органоид, наполненный клеточным соком. Большинство ферментов, содержащихся в клеточном соке вакуоли, — гидролитические.

Влагоудерживающая способность мяса (ВУС) — разница между содержанием влаги в мясе и количеством влаги, отделившейся в процессе технологической обработки.

Водосвязывающая способность мяса (ВСС) — количество влаги, удерживаемое материалом, за счет различных форм связи.

Гликопротеины — матрицы, регулирующие ориентированное расположение коллагеновых структур в составе соединительной ткани. Состоят из белковой молекулы, к полипептидной цепи которой в разных участках присоединены олигосахариды.

Гниение — сложный комплекс биохимических реакций, протекающих под воздействием ферментов микроорганизмов.

Градинки (халазы) — скрученные белковые нити, на которых желток удерживается в центре яйца.

Жировые мисцеллы — молекулярные растворы жира в органических растворителях. Не проявляют свойств коллоидных растворов.

Загар — процесс порчи мяса, возникающий в результате нарушения режимов его хранения сразу после убоя и связанный с нарушением протекания ферментативных автолитических реакций.

Изоэлектрическая точка — значение активной кислотности (рН), при котором суммарный заряд всех функциональных групп молекулы белка равен нулю или минимален.

Катепсины — внутриклеточные ферментные системы мышечной ткани, относящиеся к классу протеиназ. Активность катепсинов позволяет косвенно судить о стадии автолитических превращений мяса.

Клеточное ядро — главный органоид клетки. Имеет коллоидную природу и ограничено оболочкой, состоящей из двух мембран — внешней и внутренней. В полости ядра содержатся ядрышки и хромосомы.

Корочка подсыхания — поверхностный слой мяса, характеризующийся более темной окраской и плотной текстурой, образование которой в поверхностных слоях туши и отрубов имеет важное технологическое значение для замедления развития микрофлоры и прекращения ее проникновения в толщу мяса.

Криолиз — повышение концентрации тканевых жидкостей под воздействием вымораживания воды. Сопровождается увеличением электропроводности и поверхностного натяжения тканевых жидкостей.

Лизосомы — клеточный органоид, представляющий собой округлые тельца, окружённые липопротеиновой мембраной, содержащие

ферментные системы, участвующие во внутриклеточных процессах переваривания белков, нуклеиновых кислот, липидов.

Липазы (ацилглицерин-ацил-гидролазы) — ферментные системы, относящиеся к классу гидролаз. Гидролизуют эфирные связи в три-, ди- и моноацилглицеринах, высвобождая свободные жирные кислоты.

Липолиз — гидролитический распад липидов, катализируемый липазами.

Меланж — гомогенная смесь яичного белка и желтка в их естественной пропорции.

Миозин — фибриллярный белок (М 500 000), один из главных компонентов сократительных волокон мышц — миофибрилл. При соединении миозина с другим белком миофибрилл актином образуется актомиозин. Важное свойство миозина — способность расщеплять аденозинтрифосфорную кислоту (АТФ). Благодаря АТФ-азной активности миозина, химическая энергия макроэргических связей АТФ превращается в механическую энергию мышечного сокращения.

Миофибриллы — нитеподобные волокна. Составляют около 65 % содержимого животной клетки.

Митохондрии — клеточные органоиды, в которых сосредоточены основные ферментные системы клетки. Включают поверхностную оболочку и систему складчатых плёнок внутри.

Морфологическое строение мышечного волокна — характер распределения красной и белой мускулатуры, отличающейся по химическому составу и соотношению мышечной, соединительной и жировой тканей.

Осаливание — обесцвечивание природной окраски жира.

Пикноз (pycnosis) — компактизация клеточного ядра, является начальной стадией его разрушения. Причиной пикноза является активация лизосомных гидролаз вследствие автолитических клеточных процессов.

Пепсин — фермент желудочного сока, относящийся к классу протеиназ. Гидролизует пептидные связи, в образовании которых принимают участие ароматические аминокислоты фенилаланин и тирозин.

Перимизий (perimysium) — слой соединительной ткани, содержащий кровеносные сосуды и нервы, окружающий мышцу или отдельный мышечный пучок.

Плазмалемма — органоид клетки, представляющий собой мембрану, прилегающую к клеточной оболочке и покрывающую содержимое клетки. Обладает избирательной проницаемостью.

Плазмолиз (диаплазмолиз) — отделение протопласта от клеточной стенки в гипертоническом растворе. Плазмолизу предшествует потеря тургора, возвращение протопласта клеток растений из состояния плазмолиза в исходное состояние, характеризующееся нормальным тургором. *Деплазмолиз* происходит при перенесении плазмолизированных клеток в воду или гипотонические растворы.

Посмертное окоченение (rigor mortis) — первая стадия автолиза, характеризующая потерей растяжимости и гибкости мышц. Скорость

наступления и разрешения посмертного окоченения в мышцах связана с температурой мяса.

Прогоркание — комплекс сложных химических и биохимических реакций липидов, сопровождающихся накоплением продуктов их распада, что вызывает снижение качества жирсырья.

Проксиданты — вещества, выполняющие роль катализаторов процесса автоокисления липидов.

Протеинаты — комплексные соединения белков с ионами металлов.

Протеогликаны — белковый стержень, ковалентно связанный с глюкозаминогликанами, содержащими гексозамин и галактуроновую кислоту.

Протеолиз — процесс распада белковых веществ, катализируемый протеиназами, приводящий к накоплению в мышечной ткани пептидов и свободных аминокислот.

Плазма сливочного масла — водная фаза сливочного масла, в которой сконцентрированы водорастворимые белки, минеральные вещества, фосфолипиды, водорастворимые витамины.

Психротрофные микроорганизмы — микроорганизмы, температурный оптимум роста которых выше 15 °С, однако, они растут и при более низких температурах (5 °С и ниже), например некоторые дрожжи рода *Candida*, некоторые плесневые грибы. Именно эти микроорганизмы чаще всего вызывают порчу пищевых продуктов, хранящихся в охлажденном состоянии.

Рекристаллизация — процесс укрупнения кристаллов льда в результате диффузии водяного пара, вызванной разницей давления пара над их поверхностью.

Сарколемма — оболочка, покрывающая мышечные волокна.

Саркоплазма — полужидкая субстанция, окружающая параллельные пучки миофибрилл клетки скелетной мышцы. Составляет до 35% объема клетки.

Саркоплазматический ретикулум — специализированный эндоплазматический ретикулум клеток поперечнополосатой (скелетной и сердечной) мышечной ткани. Главной его функцией является резервирование ионов кальция и при необходимости выведение их в саркоплазму — среду миофибрилл.

Синергисты — вещества, выступающие в роли доноров водорода, потерянного ингибиторами при взаимодействии с активными радикалами.

Синерезис — процесс разрушения гелевых структур, связанный с отбуханием гелей, сопровождается отделением воды и уплотнением структуры геля.

Скорость переваривания белков — атакуемость белков протеолитическими ферментами. Является одним из основных показателей, определяющих биологическую ценность пищевых белков.

Созревание мяса — стадия автолиза, характеризуемая комплексом ферментативных изменений, происходящих в мясе, вследствие кото-

рых оно приобретает требуемые кулинарные показатели — нежность, сочность, вкус и запах. Сроки созревания мяса зависят от вида животного, части туши, упитанности, температурного режима хранения.

Титрант — раствор реагента, используемый для титрования.

Ткань — группа клеток, одинаковых по морфологическому строению, выполняющих сходные функции и объединенных межклеточным веществом.

Тонoplast — клеточный органоид, представляющий собой тонкую плёнку, отделяющую вакуоль от цитоплазмы.

Трипсин — фермент поджелудочной железы, относящийся к классу протеиназ. Расщепляет пептидные связи, в образовании которых участвуют аргинин и лизин.

Тропонин — регуляторный глобулярный белок, состоящий из трех субъединиц, который участвует в процессе мышечного сокращения. Содержится в скелетных мышцах и сердечной мышце, но не содержится в гладкой мускулатуре.

Фиксанал — стандарт-титр, точно известное количество вещества (сухого или в растворе) в запаянной ампуле, служащее для приготовления стандартного раствора в титриметрическом анализе.

Филаменты — составляющие элементы миофибрилл. Бывают двух типов — толстые и тонкие.

Хелирование — реакция образования внутрикомплексных соединений полярных антиоксидантов с металлами переменной валентности.

Химотрипсин — фермент поджелудочной железы, относящийся к классу протеиназ. Расщепляет пептидные связи, образованные карбоксильными группами триптофана, метионина, фенилаланина и тирозина.

Хромосомы — важнейшая составная часть ядрышка. В них сосредоточен носитель наследственной информации — ДНК.

Цитоплазма — органоид клетки, занимающий большую часть её объёма. Цитоплазма имеет зернистое строение и связана с другими клетками тонкими нитями, проходящими из клетки в клетку через клеточные стенки.

Экстрагируемость белков — способность белковых молекул переходить в водную фазу.

Эндомизий (endomysium) — рыхлая неоформленная соединительная ткань, расположенная в скелетных мышцах в виде прослойки между мышечными волокнами.

Эндоплазматическая сеть — органоид клетки, представляющий собой сложную систему каналов и полостей, пронизывающих всю цитоплазму клеток.

Ядрышко — плотное округлое тельце, находящееся в полости ядра, в состав которого входят РНК и белок.

PSE, DFD, NOR — классификация мяса по группам качества, основанная на определении его активной кислотности (pH).

РАЗДЕЛ 1. СОСТАВ И СТРОЕНИЕ СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

1.1. СОСТАВ И СТРОЕНИЕ ЖИВОТНОЙ ТКАНИ

1.1.1. Особенности строения животной клетки

Клетки растений и животных при всем их многообразии имеют общие черты в строении. Так, все клетки состоят из цитоплазмы, различных органоидов и ядра. Клетки растений имеют различную форму и размеры в зависимости от органа растения, выполняемых функций и степени развития.

Клетка состоит из оболочки и полужидкого содержимого — протопласта. Внутри клетки содержится ряд органоидов, определяющих её основные физиологические функции (питание, рост, раздражимость, размножение и др.) и регулирующих обмен веществ. Отличие животной клетки от растительной состоит в том, что животные клетки не имеют целлюлозной клеточной оболочки и пластид (рис. 1.1).

Обычно клетка содержит одно *ядро* коллоидной природы, но более вязкой консистенции, чем цитоплазма. Ядро от цитоплазмы отделяет ядерная оболочка, состоящая из двух мембран — внутренней и внешней. Оболочка пронизана порами для обмена веществ между ядром и цитоплазмой. В полости ядра содержится ядерный сок, в котором находятся ядрышки и хромосомы.

Ядрышко — плотное округлое тельце, в состав которого входят РНК и белок. В ядрышке происходит синтез РНК. Ядрышко видно только в неделящейся клетке. *Хромосомы* — важнейшая составная часть ядрышка. В них сосредоточен носитель наследственной информации — ДНК.

Митохондрии (хондриосомы) — органоиды, имеющие форму узких палочек или нитей длиной приблизительно 2 мкм и толщиной 0,6...0,8 мкм, в совокупности составляют 15...25 % общей массы клетки. С митохондриями связаны процессы обмена веществ и энергии клеток, в них сосредоточены основные ферментные системы, катализирующие процессы углеводного, жирового и белкового обмена, тканевого дыхания и т. д. Митохондрии включают поверхностную оболочку и систему складчатых плёнок внутри.

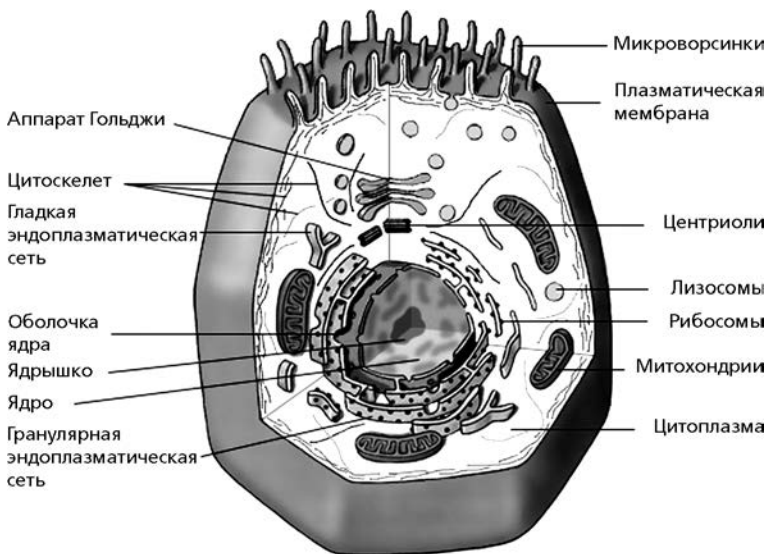


Рис. 1.1. Объёмная модель животной клетки (Ledbetter, Porter, 1970)

Митохондрии имеют липопротеидную природу. Наиболее важный компонент митохондрий — белки, составляющие 65–70 % их сухого веса. Среди белков преобладают окислительные ферменты. Содержание жиров не превышает 25–30 %. Кроме того, в их состав входят в небольших количествах ДНК, РНК, а также ряд витаминов (А, В₆, В₁₂, С).

Цитоплазма (протоплазма) в молодой клетке занимает большую часть её объёма. По мере роста и развития клетки в ней появляются скопления жидкости (вакуоли), количество и объём которых постепенно увеличиваются, а цитоплазма во взрослой клетке занимает лишь пристеночный слой. Цитоплазма имеет коллоидную структуру, в её состав входит 80 % воды, 12 % белков, 2 % нуклеиновых кислот, 5 % жира и 1...2 % углеводов. Под воздействием высокой температуры происходят денатурация белков и гибель клетки. Цитоплазма клетки связана с другими клетками тонкими нитями (плазмодесмами), проходящими из клетки в клетку через клеточные стенки. Цитоплазма имеет зернистое строение. Она пронизана мельчайшими канальцами и пузырьками — микротелами, являющимися белково-липидными образованиями, предположительно производными цистерн эндоплазматической сети, в которых сосредоточена РНК цитоплазмы.

Эндоплазматическая сеть представляет собой сложную систему каналов и полостей, отделенных от цитоплазмы мембраной и пронизывающих всю цитоплазму клеток. На мембранах эндоплазматической сети происходит синтез белков, углеводов, липидов, терпеноидов и других веществ, которые накапливаются в полостях и каналах, а затем транспортируются в различные участки клетки. Существует два вида эндоплазматической сети — шероховатая (гранулярная) и гладкая (агранулярная). На мембране гранулярной эндоплазматической сети располагается множество рибосом. Её основная функция — участие в синтезе белка, поэтому гранулярная эндоплазматическая сеть наиболее развита в клетках, в которых этот процесс происходит особенно интенсивно.

Лизосомы (от греч. *lysis* — растворяю и *soma* — тело) — мелкие (диаметр 0,5...0,7 мкм) округлые тельца, окружённые липопротеиновой мембраной, содержащие ферменты и участвующие во внутриклеточных процессах переваривания белков, нуклеиновых кислот, липидов. Лизосомы ответственны за расщепление попавших в клетку чужеродных объектов (бактерий, вирусов) или утративших свои функции органоидов. Чужеродные объекты сначала прилипают к поверхности мембраны, а затем захватываются лизосомой. Образовавшиеся продукты клетка использует в энергетических процессах. Лизосомальная система в условиях голодания клетки обеспечивает её пищевыми продуктами, утилизируя менее важные для жизнедеятельности клетки внутриклеточные образования.

Аппарат Гольджи служит связующим звеном между мембранами эндоплазматической сети и плазмалеммой. В растительных клетках он представлен образованиями трёх типов — диктиосомами, везикулами и межцистерными образованиями. Комплекс Гольджи участвует в транспорте белков, углеводов, жиров, а также в синтезе лизосом.

Тонопласт — внутренняя тончайшая плёнка, отделяющая вакуоль от цитоплазмы. Тонопласт состоит из белков и липидов и имеет большую площадь, так как центральная вакуоль может занимать до 90 % объёма зрелой клетки.

Вакуоль содержит клеточный сок, представляющий собой растворы веществ — продуктов обмена цитоплазмы, ядра и пластид (сахаров, пектиновых соединений, белков, гликозидов, дубильных веществ, алкалоидов, пигментов, органических кислот и их солей). Химический состав клеточного сока варьирует в больших пределах в зависимости от вида растения, реакция его обычно кислая. Большинство ферментов, содержащихся в вакуоли, — гидролитические. В отличие от животных клеток, из растительных продукты обмена не выводятся, а накапливаются в вакуолях, поэтому объём последних по мере зрелости клетки увеличивается.

Плазмалемма — мембрана, прилегающая к клеточной оболочке и покрывающая содержимое клетки. Эта мембрана обладает избирательной проницаемостью и регулирует поступление и удаление веществ из растительной клетки. Подобно тонопласту, она имеет белково-липидную структуру (бимолекулярный слой липидов, по обе стороны которого расположены слои белка).

Среди клеточных органоидов животной клетки важную роль в формировании свойств животных тканей играют *лизосомы*. В лизосомах локализована значительная часть ферментов класса гидролаз. Послеубойные изменения животных тканей связаны с нарушением целостности лизосом, в результате чего запускается механизм автолиза.

1.1.2. Состав и строение основных животных тканей

Тканью называют группу клеток, одинаковых по морфологическому строению, выполняющих сходные функции и объединенных межклеточным веществом.

Ткани мяса классифицируют по их пищевой ценности и технологическому назначению. Такое разделение носит условный характер, но имеет практический смысл, так как возможно отделение друг от друга большей части тканей для дальнейшего дифференцированного их использования.

Под мясом понимают туши и их части, получаемые при убое скота. Мясо неоднородно и состоит из совокупности мышечной (39...62 %), жировой (3...45 %), нервной, соединительной (6...12 %), хрящевой и костной (10...35 %) тканей в их естественном соотношении и остаточного (0,8...1 %) количества крови.

Количественное соотношение тканей в туше для различных видов мяса показано в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Примерное соотношение тканей в различных видах мяса (% к массе разделанной туши)

Ткань	Говядина	Свинина	Баранина
Мышечная	57...62	39...58	49...56
Жировая	3...16	15...45	4...18
Соединительная	9...12	6...3	7...11
Костная и хрящевая	17...29	10...18	20...35

Свойства тканей мяса и их соотношение обуславливают его важнейшие показатели качества (включая пищевую ценность). Количественное соотношение тканей в составе мяса колеблется

в зависимости от вида, породы, пола, возраста, упитанности животных и других факторов. Строение, состав и свойства тканей различны. Самой высокой пищевой ценностью обладают мышечная и жировая ткани.

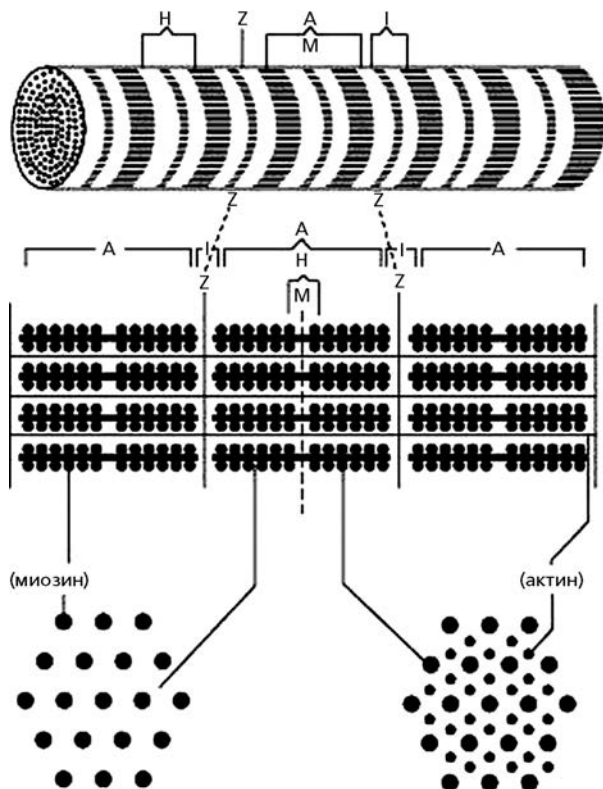
Химический состав мяса зависит от вида, пола, возраста, породы, упитанности животных и части туши. Определение общего химического состава (содержание влаги, белка, жира и минеральных веществ) позволяет получить общее представление о качестве мяса. Для более полного суждения о степени полезности мяса привлекают данные об аминокислотном составе белков, о содержании полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, микро- и макроэлементов. Пищевая ценность мяса наряду с количественным соотношением указанных компонентов определяется органолептическими показателями — цветом, вкусом, запахом, консистенцией и вкусоароматическими характеристиками бульона.

Пищевая ценность мяса зависит в первую очередь от содержания мышечной ткани, количество белков в которой достигает 20...22 %. Мышечные белки содержат в оптимальных соотношениях незаменимые аминокислоты. От состояния мышечных белков, величины рН мышечной ткани существенно зависят водосвязывающая способность мяса и его консистенция. Количественное содержание и состояние входящего в мышечную ткань белка миоглобина наряду с другими факторами определяет интенсивность и характер окраски мяса. Экстрактивные вещества мышечной ткани участвуют в формировании вкуса и аромата мяса и мясопродуктов.

Мышечная ткань. Мышечная ткань состоит из удлиненных (до 15 см) волокон диаметром 10...100 мкм; диаметр волокон влияет на консистенцию и нежность мяса; он зависит от возраста и физической нагрузки животного при жизни. Волокна покрыты оболочкой — *сарколеммой*. Способность мышечного волокна к сокращению обусловлена расположенными по его длине нитеподобными волокнами, называемыми *миофибриллами* толщиной 1...1,7 мкм и составляющими около 65 % содержимого клетки (рис. 1.2).

Миофибриллы клетки скелетной мышцы объединены в параллельные пучки, окруженные полужидкой *саркоплазмой*, на долю которой приходится 35 % объема клетки. Они существуют в виде длинных, тонких структур, в которых под микроскопом различаются оптически более и менее плотные зоны. Более светлые зоны представляют собой изотропные I-диски, а темные анизотропные А-диски. Длина А-дисков составляет около 1,6 мкм, а I-дисков — около 1 мкм. Светлые зоны пересекаются темной линией шириной около 80 нм, так называемой Z-линией

а)



б)

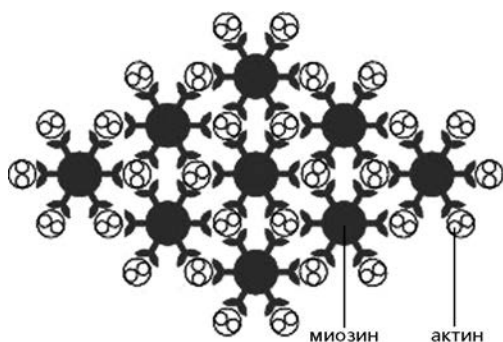


Рис. 1.2. Миофибрилярное строение мышечного волокна:

а — миофибрилла скелетной мышцы; б — поперечный разрез миофибриллы

(или Z-пластинкой). Центральная часть А-диска, называемая Н-диском, может быть разделена пополам темной М-линией. Целая продольная единица ограничена двумя Z-линиями и называется саркомером.

Каждая миофибрилла состоит из нескольких параллельных *филаментов*, которые бывают двух типов — толстые и тонкие. Тонкие филаменты диаметром около 6 нм расположены в I-дисках. Более темная часть А-дисков содержит как тонкие, так и толстые филаменты (диаметром 15–17 нм), что приводит к хорошо известному двойному лучепреломлению. Тонкие филаменты начинаются у Z-линий и кончаются у Н-диска, тогда как толстые проходят по всей длине А-диска.

Белковые вещества составляют 60...80 % сухого остатка мышечной ткани. Из них построены структурные компоненты клеток и межклеточного вещества. Белки мышечной ткани влияют не только на пищевую и биологическую ценность мяса, но и определяют состояние физико-химических, структурно-механических и технологических показателей сырья (липкость, вязкость, водосвязывающую способность, рН и т.п.) и готовой продукции (сочность, нежность, выход).

Белки различны по аминокислотному составу, строению, биологическим функциям, физико-химическим показателям, в том числе растворимости. Растворимые белки входят, в основном, в состав плазмы, солерастворимые образуют миофибриллы. Нерастворимые в водно-солевых растворах фракции условно называют белками стромы, в состав которых входят белки сарколеммы, ядер и внутриклеточные соединительнотканые белки.

В табл. 1.2 приведен белковый состав скелетной мышцы.

Таблица 1.2

Белковый состав скелетной мышцы

Белок	Молекулярная масса, D	Содержание, %
Миозин	460 000	55–60
Актин (G)	46 000	20–25
Тропомиозин	70 000	4–6
Комплекс тропонина	76 000	4–6
Тn T	37 000	
Тn T	21 000	
Тn C	18 000	
α -Актинин	180 000	2–1
Другие (миоген)	Смесь	5–10

Вода, входящая в состав мышечной ткани, является не только растворителем, но и сама участвует во многих реакциях обмена. В тканях вода находится как в прочносвязанной форме — главным образом с белками, так и в слабосвязанном состоянии (6...15 % от массы ткани).

Липиды мышечной ткани входят в структурные элементы мышечного волокна. Они содержатся в саркоплазме мышечного волокна и в межклеточном пространстве, между пучками мышц в прослойках соединительной ткани. Содержание их в мышечной ткани невелико и колеблется в зависимости от вида, возраста, упитанности, пола животного и других факторов. Некоторые из них способствуют проявлению активности ряда ферментов, другие играют роль энергетического материала, резерва, выделяя при окислении энергию.

Углеводы представлены в мышечной ткани в основном гликогеном, важнейшим источником энергии. Распад гликогена в послеубойный период обуславливают такие биохимические изменения мяса, как посмертное окоченение, созревание. Часть гликогена мышечного волокна связана с белками, часть находится в свободном состоянии.

В мясе содержатся *азотистые и безазотистые экстрактивные вещества*. К безазотистым относятся углеводы и продукты их обмена (глюкоза, мальтоза, молочная, пировиноградная, янтарная и другие органические кислоты), а также витамины и органические фосфаты.

К азотистым экстрактивным веществам мяса относятся вещества двух групп. Вещества одной группы при жизни животного выполняют специфические функции организма в процессе обмена веществ и энергии (мочевина, мочевая кислота, аммонийные соли и др.). Вещества другой группы (пуриновые основания, аминокислоты и др.) представляют собой промежуточные продукты белкового обмена.

Содержание отдельных азотистых экстрактивных веществ в мышечной ткани (в % на сырую ткань) приведено в табл. 1.3.

Таблица 1.3

**Содержание азотистых экстрактивных веществ
в мышечной ткани, %**

Наименование	Содержание, %	Наименование	Содержание, %
Карнозин	0,2...0,3	Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)	0,25...0,4
Ансерин	0,09...0,15	Инозиновая кислота	0,01
Карнитин	0,02...0,05	Пуриновые основания	0,07...0,23
Холин	0,08	Свободные аминокислоты	0,1...0,7
Креатин + креатин фосфат	0,2...0,55	Мочевина	0,002...0,2

После убоя животного азотистые экстрактивные вещества и продукты их превращений участвуют в создании специфического аромата и вкуса созревшего мяса.

Минеральный состав мышечной ткани разнообразен. Особенно много содержится калия и фосфора. Минеральные вещества находятся в растворенном состоянии, а также в связанной с белками форме. Для активной деятельности мышц в процессах сокращения и расслабления важную роль играют кальций, калий и магний.

В составе мышечной ткани имеются почти все водорастворимые витамины, кроме витамина С.

Мышечная ткань птиц составляет 40...45 % от общей массы. Общее содержание белков в мышцах птиц составляет 14...23 % сырой массы, причем количество полноценных и легкоперевариваемых белков может изменяться от 15,8 до 24,5 % в зависимости от вида птицы, возраста и др.

Мышечные белки мяса птиц, как и белки убойных животных, содержат все незаменимые аминокислоты, причем у птиц они находятся в оптимальном для питания человека соотношении.

Общее содержание белков в мышцах рыб может изменяться от 0,2 до 28,8 %. Содержание белков в мясе рыбы в зависимости от вида колеблется от 5,2 (у синей зубатки) до 29,8 % (у скатов). Мясо рыб отличается от мяса наземных животных не только общим содержанием белков, но и их качественным (аминокислотным) составом. Так, общее содержание незаменимых аминокислот в белках мышц морских млекопитающих и рыб составляет 88–90 % их содержания в белках мышечной ткани крупного рогатого скота. Наибольшее количество незаменимых аминокислот содержится в мясе сайры, скумбрии, тунцов.

Морфологическое строение мышц обуславливает видовую принадлежность мяса животных и заключается в характере распределения красной и белой мускулатуры, химическом составе и соотношении мышечной, соединительной и жировой тканей.

Особенностью мышечной ткани является наличие темной и светлой (красной и белой) мускулатуры, различающейся строением, свойствами и химическим составом.

Функциональное различие между красными и белыми мышцами состоит в силе и длительности сокращений.

Красные мышечные волокна составляют основу динамических мышц, для которых характерно длительное, но несильное сокращение. Красные мышцы содержат много миоглобина и при жизни животного обильно снабжаются кровью. Источником энергии для длительного сокращения помимо гликогена служат липиды, подвергающиеся окислительному дефосфорилированию по аэробному типу.

Белые мышечные волокна преобладают в статических и статодинамических мышцах.

Статические мышцы почти не сокращаются и играют роль своеобразных связок, а статодинамические характеризуются короткими, сильными сокращениями. Динамические волокна имеют простое строение и состоят из длинных пучков тонких мышечных волокон, расположенных параллельно продольной оси. Для них характерны отсутствие крупных соединительнотканых прослоек, большое количество саркоплазмы с многочисленными митохондриями, насыщенность липидами. В статических и статодинамических мышцах мышечные волокна толстые, расположены короткими пучками косо относительно продольной оси. В них много соединительнотканых образований, особенно в статических мышцах. Длина саркомеров белых, быстро сокращающихся мышц — до 2 мкм, а красных, медленно сокращающихся — до 4 мкм.

Соединительная ткань. Основным элементом, определяющим структурно-механические свойства мяса, является соединительная ткань с ее исключительно выраженной эластичностью и способностью противостоять разрыву. Группу соединительных тканей принято разделять на собственно соединительную ткань, хрящевую и костную.

Масса, структура и степень развития соединительной ткани зависят от видовой принадлежности животного и физических нагрузок, испытываемых мышцами. Для мяса убойных животных, особенно крупного рогатого скота и лошадей, характерна сеть хорошо развитых соединительнотканых прослоек.

Различают три вида соединительнотканых волокон: коллагеновые, эластиновые и ретикулиновые. Соединительная ткань представляет систему, состоящую из клеток и сильно развитого межклеточного вещества. Межклеточное вещество состоит из однородного, аморфного основного вещества и тончайших волоконцев.

Основное вещество соединительной ткани — полужидкое, слизеподобное; хрящевой — плотное; костной — наиболее прочное, что является результатом накопления минеральных солей.

В организме животных соединительная ткань выполняет опорную, связующую, питательную и защитную функции. Количество соединительной ткани в мясе зависит от вида, возраста, упитанности животного. Чем больше возраст животного, чем ниже его упитанность, тем сильнее развита соединительная ткань. Последняя в туше распределена неравномерно. В передней части туши она составляет 18...25 %, тогда как в задней — 9...13 %.

Массовая доля воды в соединительной ткани — 57,6...62,9 %, белка — 21...40 %, липидов — 1...3,3 %, минеральных веществ — 0,5...0,7 %. Наиболее важными компонентами соединительной

ткани являются структурные белки — склеропротеины: коллаген, эластин, ретикулин. Они входят в состав волоконец. В состав основного вещества соединительной ткани входят белки мукопротеиды и в незначительных количествах альбумины, глобулины, нуклеопротеиды и некоторые другие.

Содержание, расположение и строение соединительной ткани оказывают существенное влияние на процесс созревания мяса. В зависимости от преобладания тех или иных волокон и от соотношения основного вещества и волокон различают рыхлую, плотную и эластическую ткань. Соединительная ткань увеличивает жесткость мяса, так как прочность коллагеновых и эластиновых волокон в 5...21 раз выше, чем у мышечной ткани. По мере старения организма соединительная ткань уплотняется, коллагеновые и эластиновые волокна утолщаются, в результате мясо становится более жестким.

Коллагеновые волокна обладают большей прочностью, но являются малорастяжимыми. При набухании в воде происходит их укорочение примерно на 30 %. При тепловой обработке коллаген набухает и превращается в глютин. В отличие от коллагеновых, эластиновые волокна хорошо растяжимы, но непрочны на разрыв. Они устойчивы к температурным воздействиям и при нагревании почти не изменяются.

Плотная соединительная ткань имеет сильно развитые коллагеновые волокна, расположенные параллельными пучками, что обеспечивает ее высокую прочность. Она устойчива к тепловой и механической обработке, входит в состав сухожилий, связок, фасций, шкур.

В межклеточном веществе *рыхлой* соединительной ткани волоконец сравнительно мало, преобладает аморфное вещество, основную часть составляют эластиновые волокна.

Эластическая соединительная ткань состоит из большого количества сравнительно толстых эластиновых, коллагеновых волокон, аморфного вещества в ней мало. В чистом виде эта ткань образует выйную связку, брюшную фасцию и стенку аорты.

Кроме коллагена и эластина, главными химическими компонентами основного вещества соединительной ткани являются белок и полисахариды, образующие между собой комплексные соединения различной молекулярной структуры и прочности. Их делят на две группы: протеогликаны и гликопротеины.

Протеогликаны представляют собой белковый стержень, ковалентно связанный с глюкозаминогликанами, содержащими гексозаамин и галактуроновую кислоту.

Функциональное значение протеогликанов состоит в том, что они обеспечивают транспорт воды и низкомолекулярных веществ в соединительной ткани.

Гликопротеины состоят из белковой молекулы, к полипептидной цепи которой в разных участках присоединены олигосахариды. Гликопротеины выполняют роль матриц, регулирующих ориентированное расположение коллагеновых структур, стабилизируют фибриллы коллагена и их агрегацию с протеогликанами, образуют основу для формирования эластиновых структур, принимают участие в минерализации тканей. Они образуют в воде вязкие растворы.

Компоненты основного вещества ткани, клетки и минеральные соли постоянно находятся во взаимодействии с волокнистыми элементами, влияют на тип и структуру их надмолекулярных образований, что в итоге обуславливает механические, физико-химические и другие свойства соединительной ткани.

Соединительная ткань, органически входящая в состав мяса, снижает его пищевую ценность, усвояемость и кулинарные свойства. Содержание соединительной ткани в мясе и мясных продуктах лежит в основе определения их сортности. При этом в высших сортах мяса содержание соединительной ткани минимально.

Соединительная ткань рыб имеет более простую структуру и состоит в основном из коллагена и характеризуется низким содержанием оксипролина.

У птиц соединительная ткань представлена тонкими пленками, окружающими пучки мышечных волокон и иногда проникающими внутрь них.

Жировая ткань является разновидностью соединительной ткани. Жировая ткань — второй после мышечной ткани морфологический компонент, определяющий качество мяса. Основная биологическая функция жировой ткани состоит в запасании энергетического субстрата — жира, обладающего высоким потенциалом в синтезе энергии животных организмов. Жировая ткань участвует в выполнении механической работы, выполняет защитную и терморегуляторную функции.

Жировая ткань представляет собой рыхлую соединительную ткань с большим количеством жировых клеток. Почти вся центральная часть жировой клетки заполнена жировой каплей, а протоплазма и ядра оттеснены к периферии. Межклеточное вещество жировой ткани состоит из тонких пучков коллагеновых и эластиновых волокон и аморфного основного вещества.

Массовая доля жировой ткани в туше животных, а также ее цвет, запах, вкус и другие свойства зависят от вида, возраста, породы, пола, упитанности. Межмышечный жир в определенном соотношении с мышечной тканью повышает питательные и вкусовые свойства мяса, а большое количество жира тормозит отделение желудочного сока и мешает перевариванию белков.

Отличие жиров мяса различных животных по вкусу, запаху, консистенции и усвояемости объясняется составом жирных кислот,

преобладающих в жире. Химический состав жировой ткани зависит от ее морфологических и функциональных особенностей. Химический состав жировой ткани показан в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Химический состав жировой ткани

Показатели	Содержание, в % от массы ткани		
	Крупный рогатый скот	Свиньи	Овцы
Влага	5–11	3–7	4–11
Белок	1,0–1,8	0,3–1,5	1,0–1,8
Жир	87–94	90–97	87–95

Соотношение химических соединений в жировой ткани значительно варьирует в зависимости от вида, породы, пола и упитанности животного.

Белковые вещества жировой ткани, содержащиеся в сравнительно небольшом количестве, являются в основном соединительнотканными белками: коллагеном, эластином, в меньшем количестве — альбуминами и глобулинами.

В состав *триглицеридов* жира входят насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты. Биологическая ценность жиров мяса зависит от массовой доли в нем ненасыщенных жирных кислот, в том числе полиненасыщенных: линолевой, линоленовой и арахидоновой. Подобно незаменимым аминокислотам, они синтезируются в животных организмах ограниченно или не синтезируются совсем. Высокой биологической ценностью обладает арахидоновая кислота. Содержание арахидоновой кислоты в свином жире составляет 0,4...2 %, в бараньем — до 0,3 %. Качественный состав жирных кислот в структуре животных жиров определяет их физико-химические свойства. Основной состав входящих в них жирных кислот приведен в табл. 1.5.

В жире содержатся также ферменты (липазы), жирорастворимые витамины (А, Д, Е, К), фосфатиды (лецитин и кефалин). Помимо нейтральных триацилглицеринов составным компонентом жировой ткани являются липоиды, хотя их содержание невелико и составляет десятые и сотые доли процента. Качественный состав липоидов представлен фосфатидами (главным образом холинфосфатидами, серин- и этанолфосфатидами), стеринами и стероидами.

Содержание жира в рыбе составляет в среднем 2...15 %. У костистых рыб жир накапливается в основном в подкожной соединительной ткани, в мышцах у оснований плавников, на кишечнике, в брюшной полости и печени. Расположение отложений жира специфично для каждого вида рыб. В подкожном слое и во внутренних

органах сосредоточен резервный жир, в мышечной ткани — главным образом структурный жир.

Таблица 1.5

Жирнокислотный состав животных жиров

Наименование кислоты	Содержание в жирах, % к массе ткани			
	говяжьём	бараньём	свином	курином
Пальмитиновая	27–29	25–27	25–35	24–37
Стеариновая	24–29	25–31	12–16	4,0–7,0
Миристиновая	2,0–2,5	2,0–4,0	1,0	1,0
Олеиновая	43–44	36–43	41–51	37–43
Линолевая	2,0–5,0	3,0–4,0	3,0–11	18–23
Линоленовая	0,3–0,7	0,4–0,9	0,3–0,6	—
Арахидоновая	0,09–0,2	0,27–0,28	до 2,0	0,3

Количество жира зависит от вида рыбы, возраста, стадии зрелости, условий питания, обитания и т. п. У одних видов рыб колебания жирности значительны (скумбрия, сардина, сардинелла), у других составляют всего несколько процентов (хек, путассу, окунь).

Для липидов рыб характерно большое содержание фосфатидов. Так, в мышцах трески и пикши фосфатиды составляют 65...91 % всех липидов, а триглицериды — 2,5...10 %. В липидах морских рыб преобладают насыщенные жирные кислоты. Соотношение количества насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, а также их молекулярный состав зависят от биологических и экологических факторов (вид, возраст, пол, время года, соленость воды, температура, глубина обитания, объекты питания и др.).

1.2. АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ

1.2.1. Определение содержания влаги

Вода является во многих продуктах количественно преобладающим компонентом. Она существенно влияет на качественные характеристики пищевого сырья и его устойчивость к воздействию микробиологических факторов.

Содержание воды в пищевом сырье зависит от особенностей химического состава, сроков и условий хранения.

Вода в биологических объектах присутствует в трех формах: в виде свободной, слабо связанной и прочно связанной. Свободная вода, сохраняя подвижность до температуры замерзания около 0 °С, служит растворителем многих веществ. Связанная вода прочно соединена с коллоидными веществами, образуя их гидратную оболочку, и не является растворителем. Слабо связанная вода замерзает при температуре –3...–5 °С. В процессе хранения происходит изменение соотношения между свободной и связанной водой, что влияет на свойства пищевого сырья.

Существуют различные методы аналитического определения содержания воды. В наиболее распространенных методах воду удаляют из исследуемого объекта высушиванием, отгонкой и поглощением осушителями.

В качестве осушителей чаще всего используют обезвоженные перхлорат магния, сульфат кальция, сульфат натрия, оксид фосфора и хлорид кальция.

В настоящее время для определения влажности используют также химические методы и методы, основанные на измерении некоторых физических свойств продукта, например, диэлектрической проницаемости. Указанный принцип положен в основу одного из вариантов дистанционного измерения влажности продукта. Быстрым и универсальным способом определения воды в пищевых объектах является метод газожидкостной хроматографии метанольных экстрактов. Этот метод характеризуется высокой точностью и воспроизводимостью.

Метод высушивания — наиболее распространенный и универсальный способ определения воды. Содержание воды определяют по потере массы испытуемых образцов при их высушивании. Свободную влагу удаляют при температурах, близких к температуре кипения воды. При воздействии повышенных температур в образцах пищевых продуктов могут возникать побочные явления, связанные с развитием процессов дезаминирования и декарбонирования, образованием летучих соединений в результате термического разложения компонентов продукта, испарением летучих веществ и окислительными изменениями при контакте с кислородом воздуха. Увеличение массы исследуемых образцов за счет образования продуктов окисления липидов может быть особенно значительным при сушке жиров или биоматериалов с высокой массовой долей жира. Поэтому наиболее объективные результаты можно получить при высушивании образцов в условиях вакуума или в атмосфере инертных газов. Условия сушки необходимо подбирать с учетом особенности состава и свойств высушиваемого материала.

Точность результатов определения и продолжительность анализа зависят от температурного режима сушки и условий под-

готовки проб к высушиванию. Обычно высушивание проводят при температуре, не превышающей 105 °С, до достижения постоянной массы образцов. Ткани, содержащие нативные (неденатурированные) белки, следует сушить под вакуумом при температуре ниже температуры денатурации белков. При сушке жиров или продуктов с высоким содержанием жира температура не должна превышать 105 °С. При сушке продуктов с невысокой массовой долей жира и высоким содержанием влаги, температуру высушивания можно доводить до 150 °С. При этом продолжительность сушки не должна превышать 1 ч.

Для ускорения сушки рекомендуется уменьшить толщину высушиваемого слоя и увеличить пористость продукта, смешивая его с твердым инертным материалом, например с песком. Песок, применяемый для этой цели, промывают водой, просеивают через сито с отверстиями 1...3 мм и настаивают с разбавленной соляной кислотой в течение суток. После обработки кислотой песок промывают водой до нейтральной реакции промывных вод на лакмус и высушивают при 150 °С. Скорость сушки можно увеличить, добавляя к материалу этанол.

Определение влажности в сушильном шкафу. В лабораторной практике высушивание под вакуумом проводят лишь в специальных случаях. Обычно продукты высушивают при атмосферном давлении. Для этого служат сушильные шкафы различного устройства. Наиболее удобны шкафы с электрическим обогревом и с терморегулятором, позволяющим поддерживать определенную температуру.

Ход определения. Влажность определяют двумя способами: высушиванием до постоянного веса и высушиванием в течение строго определенного времени.

В первом случае сушку ведут до тех пор, пока разница между двумя взвешиваниями после повторного высушивания не будет выходить за пределы установленной для данного опыта точности (в третьем знаке после запятой — для продуктов с высоким содержанием влаги, и не более 0,0002 г — для продуктов с низким содержанием влаги). Во втором случае навеску сушат в течение времени, установленного предварительными опытами для определенных условий сушки (размеры бюксы, размеры навески, температура и т. д.), регламентированных стандартом для данного продукта. Масса навески составляет от 2 до 3 г.

При определении влаги высушиванием расхождения между параллельными определениями не должны превышать 0,3...0,5 %.

Массовую долю влаги $\omega_{\text{вл}}$, %, вычисляют по формуле

$$\omega_{\text{вл}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \cdot 100,$$

где m — масса бюкса, г;
 m_1 — то же с навеской до высушивания, г;
 m_2 — то же с навеской после высушивания, г.

Сушка лампами инфракрасного излучения. Для проведения анализов в режиме *on-line* удобно применять метод сушки лампами инфракрасного излучения (обычно мощностью 500 Вт). Этот метод позволяет сократить продолжительность сушки до нескольких минут. Температура и продолжительность нагревания зависят от природы биоматериала. Поэтому для каждого вида биоматериала опытным путем должны быть определены соответствующие условия сушки (навеска, толщина слоя, расстояние от источника излучения, продолжительность сушки и т. п.).

Ход определения. Лампу укрепляют на штативе в вертикальном положении. Кюветы или бюксы с материалом, подлежащим сушке, устанавливают на асбестовый картон, фарфоровую или глиняную плитку в центр отбрасываемого лампой светового круга.

Навеску измельченного продукта массой около 2 г, взвешенную с точностью до третьего знака после запятой, смешивают с двойным (по массе) количеством песка, переносят в бюксу и устанавливают под лампу инфракрасного излучения. Первое взвешивание бюксы с навеской производят через час сушки, повторные — через 30 мин. Каждый раз перед взвешиванием бюксу охлаждают в эксикаторе в течение 30 мин. Сушку ведут до тех пор, пока разница между двумя взвешиваниями не будет выходить за пределы установленной для данного опыта точности. Общая продолжительность сушки не должна превышать 6 часов. Если в процессе сушки наблюдается увеличение массы образца вследствие побочных процессов, учитывают наименьшую массу. Содержание влаги $\omega_{\text{вл}}$, %, определяют по формуле

$$\omega_{\text{вл}} = \frac{a - b}{c} \cdot 100,$$

где a — вес бюксы с навеской до высушивания, г;
 b — то же, после высушивания;
 c — вес навески, г.

1.2.2. Определение содержания минеральных веществ (золы)

Общее содержание минеральных веществ может быть определено озолением. Зола представляет собой минеральную часть продукта, полученную после сжигания органических веществ.

В состав минеральных веществ входят хлористые, карбонатные, фосфорные и сульфатные соли калия, натрия, аммония, магния, кальция. В небольших количествах содержится железо, в микродозах — медь, цинк, стронций, барий, бор, кремний, олово, молибден, кобальт, никель и др.

Содержания золы дает приближенное представление о количестве минеральных веществ в продукте, так как процесс озоления может сопровождаться изменением их состава.

Например, в зависимости от условий озоления карбонаты могут частично или полностью превращаться в оксиды с выделением двуокси углерода; ортофосфаты — в пиррофосфаты; сульфиды — в сульфаты; нитриты и нитраты частично переходят в оксиды. Повышение температуры может сопровождаться потерями серы, фосфора, хлора. При озолении продуктов, содержащих относительно высокое количество хлоридов, могут наблюдаться потери железа, свинца, алюминия и меди благодаря образованию летучих хлоридов этих металлов.

В состав золы входят элементы, которые содержались в органических компонентах продукта до его минерализации. При определенных условиях минерализации проб может быть обеспечен сравнительно постоянный состав золы, что позволяет получить сопоставимые результаты. В настоящее время для определения содержания золы используют несколько методов — метод без предварительного высушивания навески, ускоренный метод и метод определения минеральных веществ, нерастворимых в 10 %-ном растворе соляной кислоты. Метод без предварительного высушивания навески применяют в том случае, если содержание влаги в продукте не превышает 20 %.

Ход определения. Для повышения скорости озоления и снижения потерь летучих компонентов к навеске продукта массой около 2 г, взвешенную с точностью до третьего знака после запятой, добавляют 0,2–0,3 г ацетата магния, азотной кислоты и ее солей, серную кислоту, пероксид водорода. Органическую часть продукта сжигают при температуре 500...800 °С.

Массовую долю золы ω_3 , % вычисляют по формуле

$$\omega_3 = \frac{m_2 - m_1}{m} \cdot 100,$$

где m — навеска исследуемого образца, г;

m_1 — масса тигля, г;

m_2 — масса тигля с золой, г.

1.2.3. Определение содержания жира

Большинство методов количественного определения жира основано на извлечении его органическими растворителями и последующем определении количества жира в экстракте. Для извлечения жира применяют растворители с низкой температурой кипения, удаление которых из жира не представляет затруднений. Чаще всего используют серный или петролейный эфир, хлороформ, дихлорэтан. Петролейный эфир имеет преимущество перед другими растворителями, поскольку извлекает меньше веществ, сопутствующих жирам. На экстрагирующую способность жира влияет наличие в нем посторонних примесей, в частности, воды.

Полнота извлечения жира из пищевых объектов растворителями зависит от характера и степени взаимодействия липидов с другими компонентами продукта, содержания в нем влаги, структуры, соотношения растворителя и жирсодержащего материала, а также продолжительности экстрагирования. Более полно липиды извлекаются смесью бинарных растворителей с разными полярными свойствами, например, смесью хлороформа с метанолом и хлороформа с этанолом.

Вода, содержащаяся в тканях, препятствует диффузии жира из материала в растворитель. Поэтому прибегают к обезвоживанию материала перед экстракцией. Перед экстракцией измельченные пробы рекомендуется растирать с песком.

Наряду с высушиванием при повышенных температурах применяют способ, при котором пробы исследуемого материала растирают с нейтральными водоотнимающими веществами, например, безводным сульфатом натрия, а также обезвоживание материала настаиванием или кипячением со спиртом. Чаще всего жир определяют методом Сокслета. Общий вид установки и устройство экстрактора Сокслета приведен на рис. 1.3.

Методом Сокслета извлекаются не только липиды, но и сопутствующие им вещества — фосфатиды, стерины, свободные жирные кислоты, красящие вещества, поэтому определяемый таким образом жир называют «сырым жиром».

Полученный экстракт используют для количественного определения жира, кислотного и перекисного чисел.

Для экстракции липидов с последующим хроматографированием экстрактов применяют метод Фолча, основанный на экстракции липидов из тканей хлороформ-метаноловой смесью. Он позволяет выделить как полярные, так и неполярные липиды и полностью сохранить фракцию фосфолипидов. Полученный экстракт липидов используют для исследования фракционного состава липидов и их жирнокислотного состава.

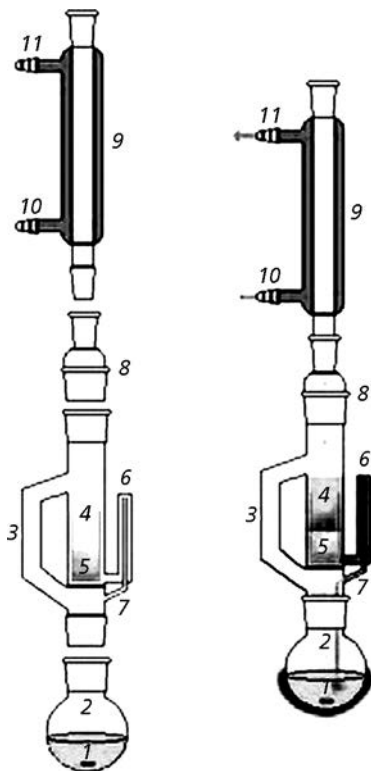


Рис. 1.3. Устройство экстрактора Сокслета:

1 — растворитель; 2 — колба для кипячения экстрагента; 3 — трубка для паров растворителя; 4 — патрон из пористого материала; 5 — сухая смесь; 6 — сифон; 7 — слив сифона; 8 — шлифовый переходник (в случае необходимости) 9 — обратный холодильник; 10, 11 — патрубki для холодной воды

Ход определения. Метод количественного определения липидов по Сокслету основан на взвешивании жира, извлеченного растворителем из сухой навески исследуемого образца в экстракторе Сокслета.

Навеска воздушно-сухого вещества в этом случае составляет от 3 до 5 г. Содержание жира $\omega_{\text{ж}}$, %, вычисляют по формуле

$$\omega_{\text{ж}} = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100,$$

где m_1 — вес колбы с жиром, г;

m_2 — вес пустой колбы, г;

m — навеска исследуемого продукта, г.

1.2.4. Определение содержания жира рефрактометрическим методом

Метод основан на определении коэффициента преломления раствора жира в растворителе монобромнафталине, которым предварительно извлекают жир из исследуемого продукта.

Ход определения. Из измельченной средней пробы продукта в фарфоровую чашку берут навеску 5 г с точностью до 0,01 г и переносят в фарфоровую ступку, добавляют 5 г обезвоженного сернокислого натрия, 3 г прокаленного песка и около 3 г монобромнафталина, отвешивая его в пробирку по разнице массы.

Всю смесь тщательно растирают в течение 5 мин, после чего переносят на бумажный фильтр. Первые две капли фильтрата отбрасывают, а последующие две капли наносят на призму рефрактометра и определяют коэффициент преломления, отмечая температуру (комнатную) призм рефрактометра. При комнатной температуре устанавливают также показатель преломления монобромнафталина. Определение коэффициентов преломления растворителя и исследуемого раствора проводят не менее трех раз, нанося каждый раз на призму рефрактометра новые капли. Для вычисления содержания жира берут среднюю величину этих определений.

Содержание жира $\omega_{ж}$, %, в исследуемом продукте находят по формуле

$$\omega_{ж} = \frac{(V - V_1) \cdot K \cdot 0,014 \cdot 100}{m},$$

- где K — коэффициент преломления растворителя;
 K_1 — коэффициент преломления испытуемого раствора жира в растворителе;
 m — навеска исследуемого продукта, г;
 m_1 — навеска растворителя, г;
 a — показатель отношения процентного содержания жира в растворителе к разности между коэффициентом преломления растворителя и раствора, экспериментально установленный для данных условий опыта и равный величине 0,0422.

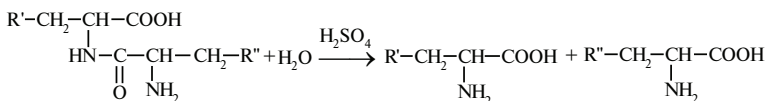
За конечный результат испытаний принимают среднее арифметическое двух параллельных определений, расхождение между которыми не должно превышать 0,5 %. Точность определения составляет 0,1 %.

1.2.5. Определение белковых веществ

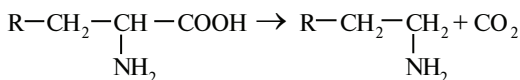
Обычно о содержании белковых веществ в пищевом сырье животного происхождения судят по количеству азота. При проведении производственных анализов содержание белковых веществ подсчитывают не по белковому, а по общему азоту, входящему в состав всех органических и неорганических веществ. Такое отклонение в точности определения содержания белков вполне допустимо.

Минерализацию (сжигание) производят нагреванием навески продукта с концентрированной серной кислотой в присутствии катализаторов (сернокислой меди или пероксида водорода), а также веществ, повышающих температуру кипения смеси (сульфата натрия или калия). Минерализация органических веществ протекает в 4 стадии по следующей схеме:

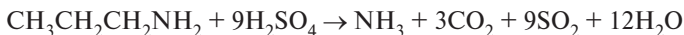
1. Гидролитический распад:



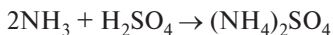
2. Декарбоксилирование:



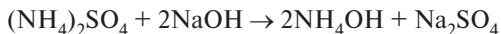
3. Окисление:



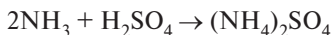
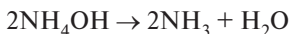
4. Связывание кислотой:



Из образовавшегося сернокислого аммония аммиак вытесняют концентрированной щелочью:



Выделяющийся аммиак отгоняют и улавливают титрованным раствором серной кислоты, которую берут в избытке:



Ход определения. Навеску образца массой 0,6–1,0 г, взвешенную с абсолютной погрешностью не более 0,0005 г, помещают в закрытую с одной стороны трубочку из фильтровальной бумаги

или станиоля и вносят в колбу вместимостью 100 см³ для минерализации, добавляют несколько мелких кристаллов медного купороса (0,2–0,3 г) и приливают 10...20 см³ серной кислоты плотностью 1,840 г/см³.

В качестве катализатора используют и селеновую смесь (2 г), состоящую из 1,9 весовой части надсульфата калия (K₂S₂O₈) и 0,1 части селенистокислой меди (0,1 части селенистокислой меди можно заменить смесью из 0,05 части сульфата меди и 0,05 части селена элементарного).

Колбу с содержимым осторожно нагревают в вытяжном шкафу, не допуская разбрызгивания жидкости. Когда содержимое колбы станет однородным, прекращают нагревание, дают остыть, добавляют 0,5 г сульфата калия и продолжают нагревание до тех пор, пока жидкость в колбе не станет прозрачной, зеленовато-голубой окраски без бурого оттенка. Внутренние стенки колбы должны быть совершенно чистыми. Это достигается осторожным взбалтыванием содержимого колбы для смывания со стенок обугленных частиц.

По окончании сжигания содержимое колбы охлаждают и переносят в отгонную колбу вместимостью, 500...750 см³.

Колбу для сжигания тщательно ополаскивают, проверяя полноту смывания добавлением 1–2 капель раствора метилового красного.

Общий объем раствора в отгонной колбе должен быть не более 250...300 см³.

Приемником служит коническая колба вместимостью 250...300 см³, в которую из бюретки налито 25...30 см³ раствора серной кислоты 0,05 моль/дм³. Конец трубки холодильника должен быть погружен в раствор серной кислоты.

В отгонную колбу осторожно, по стенкам, избегая смешивания жидкостей, приливают 50...70 см³ 33 %-ного раствора гидроксида натрия, бросают кусочек лакмусовой бумаги и быстро закрывают ее пробкой, соединенной посредством каплеуловителя с холодильником, осторожно перемешивают содержимое и нагревают. Реакция жидкости в колбе должна быть резко щелочной.

После заливания жидкости в колбу приемник опускают так, чтобы конец трубки холодильника находился на некотором расстоянии от поверхности раствора, и продолжают отгонку до тех пор, пока не отгонится не менее $\frac{2}{3}$ жидкости.

Конец отгонки определяют по лакмусовой бумаге. Если отгонка закончена, капля дистиллята не должна вызывать посинения красной лакмусовой бумаги. При появлении в конце отгонки при кипении толчков отгонку прекращают.

По окончании отгонки конец трубки холодильника обмывают водой в приемную колбу и содержащийся в ней избыток серной кислоты оттитровывают раствором гидроксида натрия 0,1 моль/дм³

в присутствии метилового красного или двойного индикатора. Для приготовления двойного индикатора 0,12 г метилового красного и 0,08 г метиленового синего растворяют отдельно в небольшом количестве 90 %-ного спирта. Готовые растворы смешивают в мерной колбе вместимостью 100 см³, объем доводят спиртом до метки.

Одновременно проводят контрольный анализ без навески исследуемого образца.

Содержание общего азота (ω_N , %) рассчитывают по формуле

$$\omega_N = \frac{(V - V_1) \cdot K \cdot 0,014 \cdot 100}{m},$$

где V — объем раствора гидроксида натрия 0,1 моль/дм³, израсходованный на титрование серной кислоты в контрольном анализе, см³;

V_1 — объем раствора гидроксида натрия 0,1 моль/дм³, израсходованный на титрование избытка серной кислоты в рабочем анализе, см³;

K — коэффициент пересчета на точный раствор гидроксида натрия 0,1 моль/дм³, г;

0,0014 — количество азота, эквивалентное 1 см³ раствора гидроксида натрия (0,1 моль/дм³), г;

m — навеска образца, г.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 0,2 %. Вычисления проводят до второго знака после запятой.

Для определения азота истинных белков исследуемый образец смешивают с водой и прибавляют к смеси соответствующий реактив, осаждающий белок. Выпавший осадок белка отфильтровывают, затем проводят определение азота в осадке и фильтрате. Азот осадка соответствует белковому азоту, а азот фильтрата — небелковому. Зная содержание общего азота в образце, можно ограничиться определением азота только в осадке или в фильтрате. По разности между общим азотом и азотом, найденным в осадке или фильтрате, судят о количестве белкового и небелкового азота.

1.2.6. Определение белкового азота

Метод основан на способности белков образовывать с гидроксидом меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$ соединения, не растворимые в горячей воде. В полученном осадке определяют содержание азота обычным способом. По разности между общим содержанием азота в исследуемом образце и белковым азотом судят о содержании небелкового азота.

Ход определения. 0,5...1,0 г пробы помещают в стаканчик вместимостью 100...150 см³, заливают 50 см³ воды и нагревают до кипения. К нагретой смеси прибавляют 25 см³ раствора медного купороса (60 г на 1 дм³ воды) и затем при постоянном помешивании приливают 25 см³ раствора гидроксида натрия (12,5 г NaOH на 1 дм³ воды). После отстаивания смеси жидкость осторожно сливают декантацией через бумажный фильтр, а осадок в стакане промывают несколько раз горячей водой, сливая промывные воды через тот же фильтр. Промывание ведут до тех пор, пока фильтрат не перестанет давать реакцию на серную кислоту (проба с хлоридом бария). Промытый осадок количественно переносят на фильтр, просушивают и вместе с ним сжигают для определения азота по Кьельдалю. Параллельно проводят контрольный опыт для учета количества азота в фильтре (без навески) и реактивах и вводят при подсчете результата соответствующую поправку.

Расчет производят по формуле

$$\omega_{\text{БА}} = \frac{a \cdot T \cdot 0,14 \cdot 100 \cdot 100}{m \cdot 10},$$

- где $\omega_{\text{БА}}$ — содержание белкового азота, %;
- a — количество 0,01 н. H₂SO₄, израсходованной на титрование, мл;
- T — поправка к титру 0,01 н. H₃SO₄;
- 0,14 — количество азота (мг), которое связывается в виде аммиака 1 мл точно 0,01 н. H₂SO₄;
- 100 — объем раствора в мерной колбе после сжигания, мл;
- 10 — количество раствора, взятого для отгона аммиака, мл;
- 100 — коэффициент для перевода в проценты;
- m — навеска абсолютно сухого вещества, мг.

Результаты определений белкового азота выражают в процентах массы сухого вещества.

1.2.7. Определение небелкового азота

Определение небелкового азота проводят осаждением белка трихлоруксусной кислотой. По сравнению с другими осадителями белков эта кислота оставляет в растворе наибольшее количество продуктов распада, осаждая одновременно с белками лишь часть пептонов.

Небелковый азот определяют в минерализованном фильтрате, полученном после осаждения белков трихлоруксусной кислотой.

Ход определения. 50 г пробы растирают в ступке со 100...150 см³ воды, переносят в мерный цилиндр с шлифованной стеклянной

ной пробкой и доводят объем водой до 250 см. Смесь взбалтывают в течение часа на встряхивающем аппарате со скоростью 50...60 качаний в минуту. Полученную взвесь фильтруют сначала через один слой марли, а затем через сложенную вчетверо марлю. Отбирают пипеткой 100 см³ фильтрата в колбу вместимостью 250...300 см³ и приливают небольшими порциями при взбалтывании 25 см³ 20 %-ного раствора трихлоруксусной кислоты. Через полчаса жидкость фильтруют через сухой складчатый фильтр. В 5 или 10 см³ фильтрата (в зависимости от ожидаемого содержания небелкового азота в образце) определяют азот по Кьельдалю. При подсчете результатов учитывают разведение навески по ходу определения.

Вычисление результатов проводят по формуле

$$\omega_{\text{НА}} = \frac{a \cdot T \cdot 0,14 \cdot 50 \cdot 100}{m \cdot 50 \cdot 10},$$

где

- $\omega_{\text{НА}}$ — содержание небелкового азота, %;
- a — количество 0,01 н. H₂SO₄, израсходованной на титрование, мл;
- T — поправка к титру 0,01 н. H₂SO₄;
- 0,14 — количество азота (мг), которое связывается в виде аммиака 1 мл точно 0,01 н. H₂SO₄;
- 100 — объем раствора в колбе после фильтрования, мл;
- 50 (в числителе) — объем раствора в медной колбе после сжигания, мл;
- 100 — коэффициент для перевода в проценты;
- 50 (в знаменателе) — количество раствора небелкового азота, взятого из фильтрата для сжигания, мл;
- 10 — количество раствора, взятого для отгона аммиака, мл;
- m — навеска абсолютно сухого вещества, мг.

1.2.8. Методы выделения белковых фракций мышечной ткани

При исследовании белкового состава мышечную ткань освобождают от соединительной и жировой тканей и тщательно измельчают. Из полученного гомогената выделяют и разделяют белки, входящие в различные структуры мышечных волокон. Выделение и разделение белков основано на их избирательной растворимости в различных растворителях: воде, водно-солевых и щелочных растворах.

В состав *саркоплазмы* входят белки, растворимые в воде и солевых растворах с низкой ионной силой. Поэтому белки саркоплазмы легко экстрагируются из мышечного гомогената водой. Из водных экстрактов их можно затем выделить путем высаливания.

Глобулин X является псевдоглобулином, для его растворения необходимы растворы, содержащие небольшие концентрации солей. Поэтому наличие незначительного количества неорганических солей в мышечной ткани достаточно, чтобы при водной экстракции глобулин X перешел в раствор. При диализе водного экстракта, полученного из мышечной ткани, глобулин X осаждается.

Ход определения глобулина X. 10 г тщательно измельченной мышечной ткани при перемешивании экстрагируют двойным объемом воды в течение 10 мин. Вытяжку отфильтровывают через марлю и экстракцию повторяют еще два раза. Водные экстракты объединяют.

В водный экстракт переходят миогеновая фракция, глобулин X, миоглобин, миоальбумин. Присутствие белка миоглобина обуславливает красный цвет водного экстракта.

Остаток мышечной ткани после водной экстракции используют, для последующей солевой экстракции.

10 мл водного экстракта мышц подвергают диализу в проточной воде в течение 12 ч. При этом в осадок выпадает глобулин X.

По окончании диализа осадок глобулина X отделяют центрифугированием, растворяют в 10 мл 0,3 %-ного раствора хлористого натрия и проверяют наличие белка характерными цветными реакциями — биуретовой (10 %-ный раствор едкого натра, 1 %-ный раствор сернокислрой меди) или ксантопротеиновой и тепловой денатурацией.

В надосадочной жидкости открывают присутствие миогена, миоглобина и миоальбумина также с помощью цветной реакции на белок с концентрированным раствором азотной кислоты.

Белки *миофибрилл* имеют фибриллярное строение и извлекаются из мышечной ткани солевыми растворами низкой ионной силы.

Ход определения белков миофибрилл. Остаток мышц после водной экстракции заливают 10 %-ным раствором хлористого аммония в соотношении 1 : 3 и перемешивают в течение 20 мин.

Солевой экстракт отделяют от остатка мышечной ткани фильтрованием через марлю. Экстракцию повторяют таким же образом еще один раз. Солевые экстракты объединяют.

Остаток мышц после солевой экстракции используют для выделения белков сарколеммы.

20 мл солевого экстракта подвергают диализу в проточной воде в течение 12 ч. При удалении низкомолекулярных соединений из экстракта белки выпадают в осадок.

Осадок белков отделяют путем центрифугирования, растворяют в 10 мл 10 %-ного раствора хлористого аммония и доказывают наличие белков характерными цветными реакциями (биуретовой) и тепловой денатурацией.

Белки, входящие в оболочку мышечной ткани — *сарколеммы*, нерастворимы в водных и солевых растворах. Белки сарколеммы остаются в нерастворимом виде после последовательной экстракции мышечной ткани водой, солевыми и щелочными растворами. Основными белками сарколеммы являются коллаген, эластин, ретикулин.

Ход определения белков сарколеммы. Остаток мышц после солевой экстракции заливают 50 мл 0,25 %-ного раствора едкого натра и оставляют на 12 ч, периодически перемешивая, после чего отделяют щелочной экстракт центрифугированием. Затем остаток ткани еще раз заливают таким же количеством щелочи и после 20 мин перемешивания центрифугируют. В экстракт переходят белки ядер: кислый белок, остаточный белок, нуклеопротеиды. В осадке остаются белки сарколеммы.

Осадок мышц после щелочной экстракции заливают в стакане 50 мл воды и кипятят 1 ч, поддерживая постоянный объем жидкости путем добавления воды.

Горячую жидкость отфильтровывают и в фильтрате открывают присутствие желатина (продукты распада коллагена) биуретовой реакцией.

На фильтре остаются тонкие волокна и пленки эластина, которые рассматривают под микроскопом.

1.2.9. Определение экстрактивных веществ мышечной ткани

Экстрактивные вещества мышц — низкомолекулярные органические соединения небелковой природы, переходящие в водный экстракт. Экстрактивные вещества делятся на две группы: безазотистые (фосфорилированные углеводы, пировиноградная кислота, молочная кислота и др.) и азотсодержащие.

Такие азотистые экстрактивные вещества, как карнозин, ансерин, карнитин, креатин, АТФ при жизни животного выполняют специфические функции в процессах обмена веществ и энергии.

Другая часть экстрактивных веществ — пуриновые основания, свободные аминокислоты, мочевины и другие являются продуктами обмена белков.

Некоторые экстрактивные вещества и продукты их превращений формируют вкус и аромат мяса.

Экстрактивные вещества открывают в безбелковом, т. е. прокипяченном водном экстракте мышц путем проведения соответствующих цветных реакций.

Креатин в виде креатинфосфата выполняет роль легко мобилизуемого источника энергии. Открытие креатинина в мышечной ткани основано на цветных реакциях с нитропруссидом натрия и пикриновой кислотой.

Ход определения креатина. К 3 мл безбелкового водного экстракта мышц добавляют несколько капель 3 %-ного раствора нитропрусида натрия и затем несколько капель 30 %-ного раствора едкого натра. Раствор окрашивается в оранжевый цвет вследствие образования изонитрозокреатинина.

При подкислении пробы 10 %-ным раствором уксусной кислоты и дальнейшем нагревании до кипения раствор приобретает зеленоватую окраску в результате образования железистосинеродистой соли окиси железа.

К 2–3 мл безбелкового водного экстракта мышц добавляют несколько капель насыщенного раствора пикриновой кислоты и затем несколько капель 10 %-ного раствора едкого натра.

Креатинин взаимодействует с пикриновой кислотой, образуя пикрат, окрашенный в оранжевый цвет.

Биологическая функция *карнозина* при жизни животного заключается в участии его в процессах окислительного фосфорилирования. Открытие карнозина основано на цветной реакции его с диазореактивом.

Ход определения карнозина. К 1 мл безбелкового водного экстракта мышц добавляют 1 мл диазореактива, перемешивают и добавляют 10 %-ный раствор углекислого натрия до сильно щелочной реакции. Появляется красное окрашивание в результате взаимодействия диазореактива с имидазольным кольцом карнозина.

Контрольные вопросы к разделу 1

1. Перечислите основные органоиды животной клетки.
2. Дайте краткую характеристику тканей мяса.
3. Охарактеризуйте строение мышечной ткани.
4. В чем состоят особенности строения мышечного волокна?
5. Дайте характеристику состава мышечной ткани мяса.
6. Дайте характеристику морфологического строения мышц.
7. Охарактеризуйте состав соединительной ткани мяса.
8. Особенности строения и состава жировой ткани.
9. В чем состоят биологические функции белков?
10. Какова технологическая функциональность белков в производстве мясных продуктов?

11. Как разделяют белки мяса и мясопродуктов по морфологическому признаку клеток животных тканей?
12. Охарактеризуйте фракционный состав белков мышц.
13. Какие белки мышечной ткани относятся к водорастворимым, солерастворимым, щелочерастворимым?
14. Какие функции выполняют миофибриллярные белки?
15. Как можно разделить основные белковые фракции мышечной ткани?
16. Каковы биологические функции липидов?
17. Перечислите основные методы определения химического состава сырья животного происхождения.
18. Какими методами можно определить массовую долю влаги в мясе и мясных продуктах?
19. На чем основан метод определения суммарных липидов методом Сокслета?
20. В чем состоит принцип определения жира рефрактометрическим методом?
21. Охарактеризуйте метод определения золы, его достоинства и основной недостаток.
22. Дайте характеристику методов определения белковых веществ в животном сырье.
23. Что такое экстрактивные вещества мышечной ткани? В чем состоят их биологические и функциональные особенности?

РАЗДЕЛ 2. АВТОЛИТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ

Изменения, происходящие в животных тканях после убоя, определяющим образом влияют на показатели качества продуктов переработки животного сырья. Эти изменения вызваны биохимическими превращениями под воздействием тканевых ферментов, развитием микробиологических процессов, протеканием физико-химических процессов при контакте с внешней средой и кислородом воздуха.

Существенное значение для формирования органолептических показателей продуктов переработки животного сырья, их выхода и стабильности свойств при хранении имеют уровень и характер автолитических процессов, протекающих в тканях в послеубойный период. В результате автолиза изменяется состояние белков, липидной фракции и состав экстрактивных веществ, что влияет на консистенцию, сочность, вкус и аромат мяса, его устойчивость к развитию микрофлоры.

2.1. Автолитические изменения в мясе говядины, свинины, баранины

Сложный комплекс биохимических и механо-химических изменений, происходящих в мясе после прекращения жизни животного, и затрагивающий компоненты мышечной, жировой и соединительной тканей, принято называть *автолитическими*.

Интенсивность и глубина протекания автолитических процессов зависит от режимов холодильной обработки и хранения, определяет технологические и качественные показатели мясного сырья, целесообразность использования мяса с точки зрения реализации, хранения или переработки.

Автолитические изменения имеют общую направленность для тепло- и холоднокровных животных. Однако автолиз начинается не сразу, а спустя некоторое время, в течение которого организм и его отдельные ткани находятся в «переживающем» состоянии, при котором органы и ткани сохраняют способность

к сокращению, возбудимость, реакцию гранулообразования и др. Вследствие прекращения поступления кислорода и приостановки процессов синтеза дезорганизуется обмен веществ и энергии в тканях. Обратимые прижизненные процессы становятся необратимыми и протекают всегда в одном направлении — распада.

Через несколько часов после убоя расслабленные мышцы теряют свою растяжимость и гибкость и делаются твердыми. Наступает состояние *посмертного окоченения* (*rigor mortis*). Реакция мышц, близкая при жизни животного к нейтральной (рН 7,2...7,3), становится кислой вследствие накопления молочной кислоты. Способность белков мяса удерживать воду резко уменьшается. Посмертное окоченение при более низком рН в мышце быстрее наступает и скорее прекращается. В мышцах, богатых плазмой, окоченение проявляется резче. Причиной посмертного окоченения является быстрый ферментативный распад АТФ, когда ее содержание уменьшается на $\frac{1}{2} \dots \frac{1}{3}$ от исходной концентрации, которая составляет примерно 0,5 %.

Скорость наступления и разрешения посмертного окоченения в мышцах связана с температурой мяса. При температуре 37...38 °С этот процесс начинается и заканчивается быстрее. Низкие температуры задерживают наступление посмертного окоченения. Полное развитие посмертного окоченения при температуре 0 °С наступает в зависимости от вида животного: для крупного и мелкого рогатого скота через 18...24 ч, свиней — 16...18 ч, кур — 2...4 ч. Через 24 ч после убоя процесс посмертного окоченения практически завершается. Реакции, происходящие при посмертном окоченении, приводят к состоянию разрешения окоченения, выражающегося в расслаблении и размягчении мышц.

Процессы созревания, обеспечивающие хорошие органолептические показатели, характерны, в основном, для мяса убойных животных. По степени интенсивности происходящих изменений отдельные виды мяса располагаются в ряд: конина, говядина, свинина, баранина.

Процессы окоченения мускулатуры и его разрешения связаны с изменением состояния мышечных волокон: их сокращением и последующим расслаблением.

2.1.1. Молекулярный механизм сокращения и расслабления

Молекулярный механизм сокращения и расслабления основан на обратимом изменении конформаций концевых частей молекулы миозина (рис. 2.1, *а*), фрагментов FS_1 , при котором связи между толстым филаментом миозина и тонким филаментом актина (рис. 2.1, *б*) образуются, исчезают и возникают вновь.

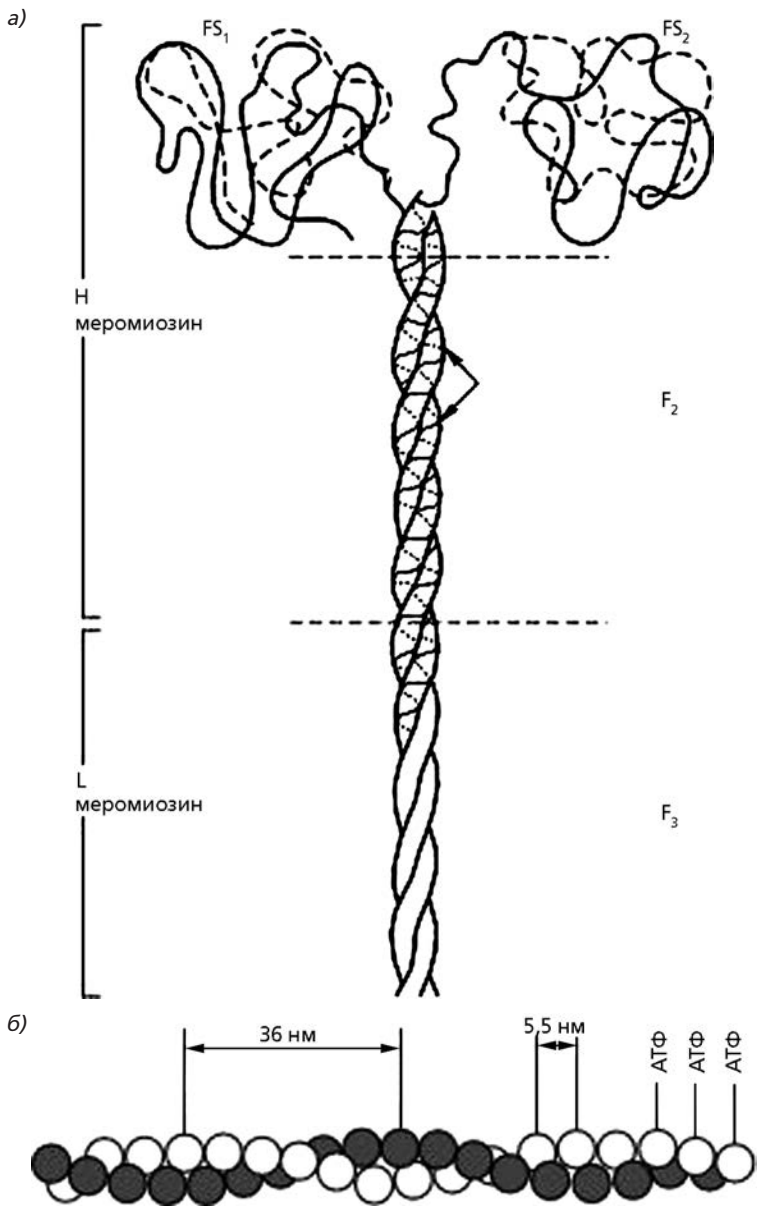


Рис. 2.1. Схематическое изображение молекул миозина (а) и актина (б)

Эти связи устанавливаются между фрагментом миозина FS_1 и субъединицей актина при выполнении двух условий:

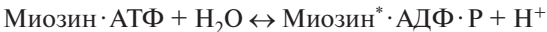
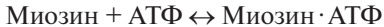
— фрагмент FS_1 должен находиться в конформации, которая соответствует его удалению от оси миозинового филамента и стабилизируется АТФ;

— мономер актина должен стать доступным для взаимодействия в результате изменения положения тропонина I, который мешает взаимодействию в фазе расслабления.

Последовательность этих изменений во времени такова. В фазе расслабления цитоплазма содержит высокую концентрацию магниевой АТФ-азы $Mg \cdot АТФ^{2-}$ и низкую концентрацию ионов Ca^{2+} . Взаимодействие невозможно, так как ему мешает тропонин. Кроме того, фрагмент FS_1 подтянут к миозиновому филаменту (рис. 2.2, а).

Затем под действием $Mg \cdot АТФ^{2-}$ FS_1 принимает конформацию, в которой он удален от оси филамента и может связывать АТФ (рис. 2.2, б).

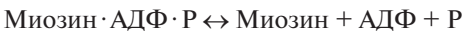
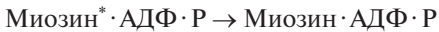
Этот процесс происходит в две стадии:



В результате миозин может участвовать в сокращении, которое начинается в тот момент, когда концентрация ионов кальция Ca^{2+} возрастает настолько, что становится возможным взаимодействие с актином.

После установления связи с актином миозин переходит из высокоэнергетической формы «Миозин*» (рис. 2.2, б) в низкоэнергетическую форму «Миозин» (рис. 2.2, в).

Фрагмент FS_1 поворачивается примерно на 45° , а поскольку он находится в постоянном контакте с мономером F-актина, то он перемещает его за собой на расстояние, равное длине одной субъединицы. Изменение конформации описывается следующими превращениями:



Таким образом, кинетически сокращение представляет собой двустадийный процесс. Высвобождением АДФ и P (неорганического фосфора) в окружающую среду, которое является последним в серии процессов, заканчивается один рабочий цикл и одновременно начинается новый. Частота рабочего цикла и его продолжительность определяется концентрацией ионов кальция Ca^{2+} и наличием АТФ.

Число сокращенных волокон достигает максимума в момент наиболее интенсивного посмертного очождения. В дальнейшем происходит распад волокон на саркомеры, разволокнение миофибрилл и их разрушение.

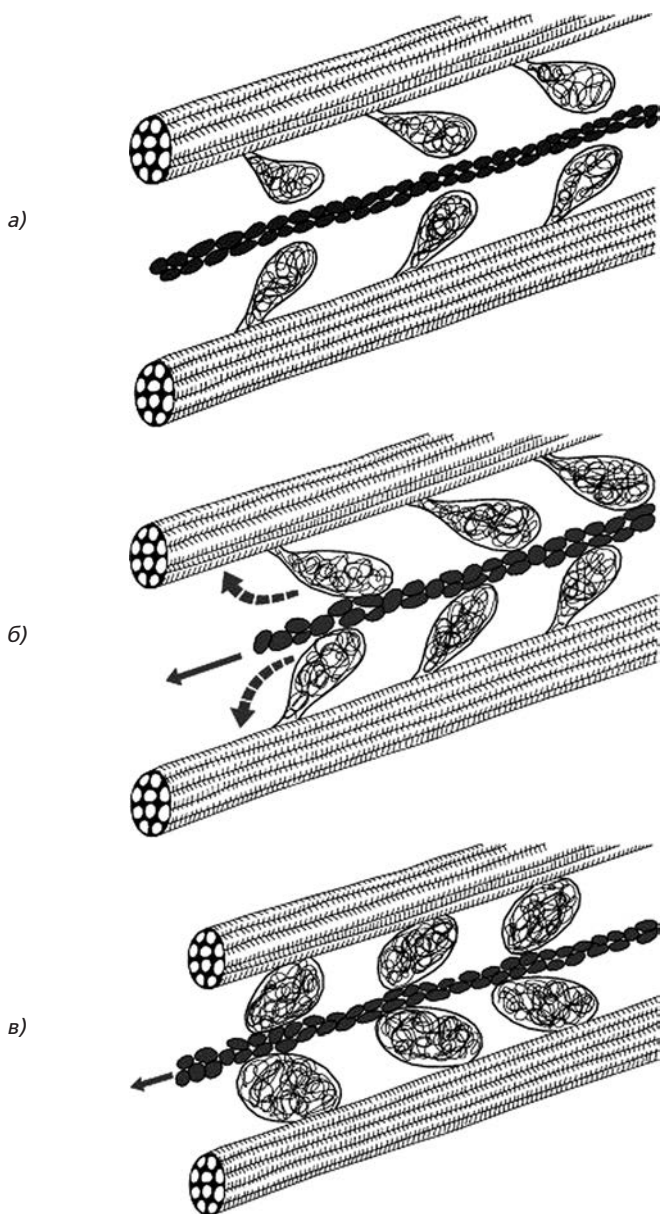


Рис. 2.2. Схема молекулярного механизма мышечного расслабления (а) и сокращения (б и в)

2.1.2. Созревание мяса

По истечении 24...28 ч наступает разрешение посмертного окоченения: мышцы расслабляются, уменьшается жесткость мяса, увеличивается его водосвязывающая способность. Однако кулинарные показатели мяса (нежность, сочность, вкус, запах, усвояемость) еще далеки до оптимального уровня, они формируются при дальнейшем развитии автолиза. Происходящие в мясе дальнейшие процессы и изменения, вследствие которых оно приобретает требуемые свойства, называют *созреванием мяса*.

Если начало и окончание посмертного окоченения можно точно зафиксировать по изменению растяжимости мышцы, то разделить биохимические и физико-химические изменения на процессы, связанные с посмертным окоченением и созреванием мяса, представляется затруднительным. Созревание мяса, как и посмертное окоченение, протекает в результате тех же реакций, которые начинаются в нем с момента прекращения жизни животного. Продукты этих реакций или их взаимодействии с компонентами мяса приводят в дальнейшем к появлению признаков, характерных для созревшего мяса. Поэтому посмертное окоченение непосредственно переходит в процесс созревания мяса.

Сроки созревания мяса зависят от вида животного, части туши, упитанности, температурного режима хранения. Мясо упитанных животных содержит больше гликогена, чем тощее мясо, поэтому посмертное окоченение в нем наступает позднее, а процессы созревания проходят более полно. Как правило, в мясе с нормальным развитием автолиза нежность и водосвязывающая способность достигают оптимума через 5...7 сут хранения в охлажденном состоянии, органолептические показатели — примерно на 10...14 сут. В связи с этим продолжительность созревания мяса обусловлена направлением дальнейшего технологического использования сырья.

При созревании мяса происходят изменения в углеводной системе мяса (рис. 2.3).

Превращения углеводов при созревании мяса, в отличие от превращений, протекающих в живой мышце, являются необратимыми. Гликоген в процессе промежуточных реакций превращается в молочную кислоту, которая накапливается в мышечной ткани. Для ее образования необходимым условием является достаточное содержание гликогена. Одновременно из промежуточных фосфорных соединений освобождается и накапливается фосфорная кислота.

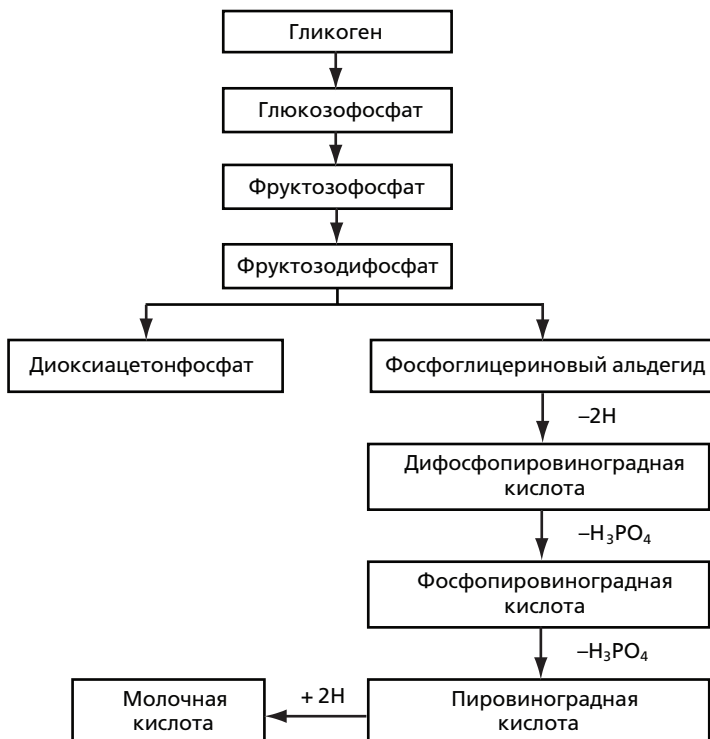


Рис. 2.3. Изменения углеводной системы мяса в процессе его созревания

Изменения содержания гликогена, глюкозы, молочной и фосфорной кислот, происходящие в процессе созревания мяса, приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Динамика углеводов, молочной и фосфорной кислот при созревании мяса

Продолжительность созревания мяса, ч	рН	Содержание в говядине, мг %			
		гликогена	глюкозы	молочной кислоты	неорганического фосфора
1	6,2	634	160	319	52
12	5,9	462	171	609	92
24	5,6	274	202	700	107

Продолжительность созревания мяса, ч	рН	Содержание в говядине, мг %			
		гликогена	глюкозы	молочной кислоты	неорганического фосфора
48	5,6	183	222	692	114
120	5,6	121	219	661	137

В результате накопления в мясе молочной и фосфорной кислот увеличивается концентрация ионов водорода, вследствие чего через 24 ч рН снижается до 5,6 и ниже.

Снижение активной кислотности мышечной ткани создает неблагоприятные условия для развития микроорганизмов и изменяет физико-химическое состояние белков. Поэтому мясо утомленных, больных или возбужденных перед убоем животных, в мышечной ткани которых содержится недостаточно гликогена, через сутки после убоя имеет рН более 6,0 и является нестойким при хранении.

В процессе созревания часть растворимых белков мышечной ткани, главным образом актомиозин, теряет способность растворяться в солевых растворах. Часть белков мышечной плазмы в живой мышце при рН 7,2–7,3 присутствует в виде солей, причем белки в этих условиях ведут себя как кислоты и образуют соли с металлами, например кальцием, так называемые протеинаты кальция. При смещении рН в кислую сторону свойства белков изменяются, они приближаются к состоянию электронейтральности (например, изоэлектрическая точка миозина находится при рН 5,5) и теряют способность образовывать соли. Кальций освобождается и переходит в раствор, а белки становятся нерастворимыми. В течение 24 ч при 2...4 °С резко увеличивается количество сока, выделяемого мясом. Выделению тканевого сока способствует снижение степени дисперсности белков и образованием крупных белковых агрегатов.

Мясо, подвергшееся ступенчатому созреванию (сначала 12 ч при 36 °С, затем 12 ч при 2...4 °С), выделяет больше сока в первые 12 ч. В процессе его дальнейшего хранения при 2...4 °С количество сока резко снижается.

Накопление соединений, образующихся в процессе превращения и взаимодействия многочисленных компонентов мяса, приводит к появлению веществ, обуславливающих специфические вкус и аромат созревшего мяса.

На основании сопоставления данных органолептической оценки сырого и дегустации вареного мяса, продолжительность созревания в производственных условиях при температуре остывочных

камер 2...4 °С в среднем составляет около 3 сут. Это практически приемлемый срок созревания мяса позволяет получать пищевые продукты вполне удовлетворительного качества.

При созревании образуются вещества или предшественники, из которых при кулинарной обработке образуются вкусовые и ароматические вещества мяса.

К соединениям, формирующим вкусоароматические свойства мяса, относятся летучие основания, в частности метил- и диметиламины, а также серосодержащие соединения. Среди них необходимо отметить сероводород, меркаптаны. Возможным источником образования сульфидов являются серосодержащие аминокислоты, в частности цистин, цистеин, метионин, а также пептид глутатион.

Группа важных ароматических веществ (фурфурол, диацетил, формальдегид) образуется в результате реакций меланоидинообразования, начальным этапом которых является взаимодействие аминокислот с редуцирующими сахарами.

На вкус мяса влияет также наличие глутаминовой кислоты или ее мононатриевой соли. В образовании вкуса могут участвовать и другие аминокислоты, небольшие количества которых накапливаются в свободном состоянии в процессе созревания мяса.

Нежность мяса в значительной степени связана с видом, полом, возрастом, предубойным содержанием животных и другими факторами, включая способ и длительность кулинарной обработки. Установлено, что в мясе молодых животных наблюдается некоторое повышение нежности при созревании, хотя оно и так довольно нежное.

Мясо свиней достаточно нежное и его не требуется длительно выдерживать. Биохимические процессы после убоя в мясе свиней аналогичны процессам, протекающим в мясе крупного рогатого скота, однако скорость их значительно выше. Особенно быстро протекает распад гликогена с образованием молочной кислоты, распад АТФ и снижение рН в светлых мышцах свиней. В длиннейшей мышце спины уже через 1...2 ч после убоя происходит практически полный распад гликогена и АТФ.

2.2. Особенности протекания автолиза в мышечной ткани птицы и рыб

Мышцы птиц по строению похожи на мышцы животных, но размером и характером расположения значительно отличаются от них. Диаметр мышечных волокон птиц в зависимости от вида колеблется от 9 до 150 мкм, а их длина — в несколько раз меньше, чем у животных.

Особенностью мяса птиц является резкая дифференциация темных и светлых видов мышечной ткани. Из домашних птиц различия в окраске мышц наиболее ярко выражены у индеек и кур: белое мясо сосредоточено на груди, в других частях тела — красное. Скелетные мышцы у птиц нелетающих или летающих с трудом, в основном белого цвета, у остальных отрядов птиц — темно-красные.

Для красных мышц характерны более четко выраженные автолитические процессы. Окоchenение в них наступает позднее и происходит более глубоко. Для белых мышечных волокон характерны плотная упаковка миофибрилл, небольшое количество митохондрий и липидных включений, но значительное содержание гликогена, поэтому в белых мышцах автолитические процессы проходят быстрее и менее глубоко. Окоchenение в них наступает раньше и быстрее происходит его разрешение. Энергия для мышечного сокращения поставляется в основном гликогеном, подвергающимся анаэробному расщеплению.

Мясо птиц характеризуется незначительной массой соединительной ткани, которая представлена тонкими пленками, окружающими пучки мышечных волокон и иногда проникающих внутрь волокон.

В белом мясе больше полноценных белков, чем в красном. Кроме того, оно содержит мало соединительной ткани и поэтому легче переваривается.

Липиды птиц содержат большое количество высокомолекулярных непредельных жирных кислот.

Биохимические процессы после убоя в мясе птицы аналогичны процессам, протекающим в мясе крупного рогатого скота, однако скорость их значительно выше. Особенно быстро протекает распад гликогена с образованием молочной кислоты, распад АТФ и падение рН в светлых мышцах. Красные мышцы, хотя и обладают высокой активностью протеолитических ферментов, созревают в течение более длительного времени, так как содержат в 2 раза больше соединительнотканых белков, чем белые. Как правило, мясо кур становится нежным через 4 часа после убоя, мясо индеек — через 6 часов.

Мясо птицы очень подвержено загару. Обычно он возникает при плотной укладке тушек птицы, сохранивших тепло, и при замораживании такой птицы. Особенно легко возникает загар в тушках уток и гусей вследствие большого содержания жира. При загаре у гусей и уток внутренний жир часто приобретает зеленую окраску. Тушки птицы с загаром имеют влажную, большей частью зеленовато-серую мягкую кожу.

Посмертное окоchenение достаточно ярко проявляется в мясе как теплокровных, так и холоднокровных животных. У рыб сжатие тела настолько велико, что определяется визуально по поднятию

хвостового плавника и величине угла, образующегося при этом с горизонтальной плоскостью.

Мышцы рыб по строению похожи на мышцы животных, но размером и характером расположения значительно отличаются от них. Диаметр мышечных волокон рыб в зависимости от вида колеблется от 0,1 до 300 мкм. Длина мышечных волокон рыб в несколько раз меньше, чем у животных, причем для рыб характерны образования, так называемые миотомы, расположенные вдоль позвоночника.

У рыб, как и у птиц, отмечается резкая дифференциация светлых и темных видов мышечной ткани. У большинства видов рыб красные мышцы расположены непосредственно под кожей вдоль боковой линии. Масса красных мышц увеличивается по мере увеличения плавательной активности. Так, у карпа доля темного и светлого мяса составляет соответственно 7 и 93 %, атлантической сельди — 20 и 80 %, сардины — 48 и 42 %.

Мясо рыб характеризуется незначительной массой соединительной ткани. Значительная часть соединительной ткани образует так называемые септы, расположенные вдоль позвоночника. Фибриллы соединительной ткани имеют небольшую толщину в месте прикрепления септ к кости, а затем расходятся по миотоме, утончаются и делаются все менее различимыми. Соединительная ткань рыб имеет более простую структуру, чем у теплокровных животных, состоит почти из одного коллагена и поэтому легче переваривается.

Изменения в тканях рыб в посмертный период зависят от района и сезона вылова, характера микрофлоры, степени бактериальной загрязненности ее поверхности.

2.3. ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОЛИТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ МЯСА УБОЙНЫХ ЖИВОТНЫХ

Исследования глубины автолитических превращений мышечной ткани заключаются в определении комплекса химических и биологически активных веществ мяса. Соотношение тканевых ферментов (катепсинов) и содержания специфических веществ в мясе позволяет косвенно судить о стадии автолитических превращений, а следовательно, предполагать технологическую пригодность мяса.

На основании определения протеолитической активности катепсинов, количественного определения водорастворимой и миофибриллярной фракции белков мяса и миофибриллярных белков, содержания продуктов гидролиза белков и пептидов, а также ор-

ганолептической оценки мясного бульона, можно выявить взаимосвязь между сроками и условиями хранения мяса и глубиной протекающих в нем автолитических процессов.

Таким образом, имея объективную информацию о характере и глубине изменений структурных компонентов тканей и активности тканевых катепсинов, можно создать условия рационального использования мяса для получения качественных мясных продуктов.

2.3.1. Определение активности внутриклеточных протеолитических ферментов

Прижизненная роль внутриклеточных протеолитических ферментов многогранна: они участвуют в катаболизме белков и доставке пластического материала для биосинтетических реакций, образовании и распаде физиологически активных веществ, оказывают прямое воздействие на энзиматический аппарат клетки посредством активации зимогенов или протеолитической модификации самих ферментов и т. д.

Изучение и целенаправленное использование биохимических свойств тканевых ферментных систем необходимы для регулирования и интенсификации технологических процессов получения свежего мяса и продуктов его переработки.

В автолитических превращениях мышечной ткани наиболее важное значение имеет деятельность двух основных ферментных систем. Одна из них связана с функцией движения, другая катализирует непрерывный распад главных структурных элементов мышечного волокна, в том числе актомиозинового комплекса. Главная роль при этом отводится мышечным катепсином.

Изменения в мясе после убоя животного обусловлены действием тканевых ферментов. Катепсины — кислые протеиназы, проявляют максимальную активность при pH 2,0...5,0, находятся в органах, тканях и локализованы в лизосомах, которые представляют собой внутриклеточные пузырьки диаметром около 5,5 мкм, ограниченные мембраной. Катепсины являются типичными протеиназами и вызывают деструкцию высокомолекулярных белков. С деятельностью катепсинов, которые активируются кислой реакцией среды клетки, тесно связаны изменения свойств белков, предшествующие релаксации мышц. Эти биохимические изменения можно разделить на две группы:

- изменения экстрактивных соединений, формирующих вкус и запах мяса, особенно заметные после термообработки;

- изменения белковой фракции, которые начинаются с изменения гистологической структуры, консистенции, цвета и способности мышц к гидратации.

В начале процесса созревания в активном состоянии сохраняются ферменты, катализирующие прежде всего гидролиз гликогена (первая фаза созревания). Затем, по мере снижения его содержания в результате действия амилазы и мальтазы, доминируют ферменты, обладающие активностью при рН 6,8...7,2. По мере дальнейшего снижения кислотности (рН 5) возрастает активность протеолитических ферментов (вторая фаза созревания). Эти ферменты не доминируют при жизни животного, зато участвуют в протеолизе мяса, катализируя все реакции, протекающие в анаэробных условиях и вызывают изменения азотсодержащих веществ мяса.

Катепсины (А, В и С) мышечной ткани отличаются тем, что оптимальные условия для их воздействия создаются при низком значении рН, который индивидуален для разных субстратов, на которые они воздействуют.

Действуя на разные субстратные фрагменты, катепсины оказывают существенное влияние на структуру белковых компонентов. Это вносит определённый вклад в диссоциацию образовавшихся на этапе посмертного окоченения белковых агрегатов, ведёт к появлению свободных сульфгидрильных групп и частичному восстановлению свойств мышечной ткани, утраченных в процессе окоченения.

В результате действия катепсинов на белки при правильном развитии автолитических процессов мясо приобретает нежность, сочность, выраженный вкус и аромат.

Ход определения

1. Приготовление экстракта катепсинов:

а) мышцы животных различных сроков хранения массой 100 г освобождают от жира и прирезей соединительной ткани, измельчают сначала на разделочной доске, затем на мясорубке;

б) навески измельченного сырья массой ($1,0 \pm 0,1$) смешивают с дистиллированной водой в стеклянном стакане в соотношении 1:20, перемешивают, затем переносят в гомогенизатор и гомогенизируют в течение 5 мин. После этого экстрагируют внутриклеточные протеолитические ферменты в течение 30 мин при температуре (20 ± 5) °С;

в) полученный экстракт фильтруют в чистую сухую пробирку с притертой пробкой через бумажный фильтр.

Фильтрат используют в качестве экстракта для дальнейших исследований активности катепсинов. Экстракт хранят при температуре (4 ± 2) °С не более 7 сут.

2. Определение протеолитической активности катепсинов мышечной ткани:

а) растворы белкового субстрата объемом 2 мл помещают в пробирку вместимостью 20 мл, прогревают в термостате в те-

чение 2...3 мин при температуре 30 °С и прибавляют по 2 мл экстракта, приготовленного по п. 1. Время фиксируют. Смесь выдерживают 15 мин, а затем для прекращения реакции вносят 4 мл раствора трихлоруксусной кислоты (ТХУ) с массовой долей 4 %. Содержимое пробирки встряхивают и выдерживают еще 20 мин;

б) параллельно с опытными образцами готовят контрольную пробу, для чего реактивы смешивают в обратной последовательности: в пробирку вносят 2 мл ферментного экстракта, 4 мл раствора ТХУ и выдерживают 15 мин, затем добавляют 2 мл раствора белкового субстрата и выдерживают 20 мин;

в) по достижении времени продукты реакции фильтруют в чистые сухие пробирки через бумажные фильтры. Полученные растворы используют для дальнейших определений;

г) в чистые пробирки отбирают по 1 мл исследуемых растворов и прибавляют по 5 мл 0,5 М Na_2CO_3 , и по 1 мл рабочего реактива Фолина. Смесь встряхивают и выдерживают 20 мин. Оптическая плотность окрашенных растворов измеряют на спектрофотометре при длине волны $\lambda = 670$ нм (ширина кюветы 10 мм). Раствором сравнения служит контрольный образец.

Расчет протеолитической активности экстракта катепсинов мышечной ткани производят по формуле

$$\text{ПА} = \frac{4 \cdot D \cdot P}{\text{ТЭ} \cdot \tau},$$

где D — оптическая плотность исследуемых растворов, отн. ед.;

P — степень разведения;

ТЭ — тирозиновый эквивалент (оптическая плотность, соответствующая 1 мкмоль тирозина в 1 мл стандартного раствора), определяемый по калибровочному графику, приведенному на с. 56;

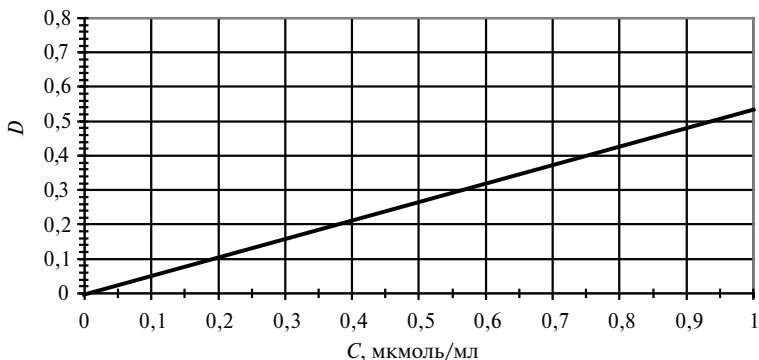
τ — продолжительность гидролиза, мин;

ПА — протеолитическая активность экстракта катепсинов мышечной ткани, ед./мин.

Результаты исследований заносят в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Вид мышечной ткани	№ проб	P	D , отн. ед.	ТЭ , мкмоль/мл	ПА , ед./мин
	1				
	2				
	3				



Калибровочный график для определения протеолитической активности катепсинов (по тирозину)

2.3.2. Определение массовой доли белковых фракций мышечной ткани

Физические, физико-химические, микроструктурные и органолептические изменения, происходящие в тканях мяса после убоя животного, условно подразделяют на фазы послеубойного состояния: процессы окоченения, созревания и глубокого автолиза.

Мышцы парного мяса мягкие, гибкие, расслаблены, обладают высокой влагопоглощательной и влагоудерживающей способностью, которая обуславливает нежную консистенцию мяса после тепловой обработки, хотя оно не обладает выраженным вкусом и ароматом. Парное мясо имеет рН 6,8...7,0, в нем много АТФ; миозин и актин не связаны друг с другом, развариваемость коллагена внутримышечной соединительной ткани очень высокая (до 23 % его исходного содержания); содержание прочно связанной влаги составляет от 84 до 90 % (от общего количества влаги в мясе); потери массы при варке — до 41 %.

При послеубойном окоченении мышцы приобретают максимальную упругость. Их жесткость увеличивается на 25 %, а сопротивление резанию — в два раза.

Окоченение мяса связано с изменениями белков мышц. Состояние животного перед убоем, скорость охлаждения мяса и температура хранения, вид животного и его упитанность влияют на время наступления и продолжительности процесса окоченения.

В начальных стадиях автолиза мышечной ткани происходит уменьшение растворимости мышечных белков, а затем после достижения определенного минимума, экстрагируемость их снова повышается. В этот период автолиза мышц млекопитающих и птиц для всех белков характерны конформационные сдвиги, связанные с изменением заряда, стимулирующие агрегационные взаимодействия белков. Характер этих изменений для однотипных белков разных мышц неодинаков и соответствует интенсивности накопления кислот (продуктов автолиза небелковой природы). Поэтому и растворимость однотипных белков разных мышц при одинаковых условиях автолиза различна.

Мясо, сваренное в состоянии окоченения, жесткое, грубое, бульон мутный. Усваивается такое мясо хуже парного. Количество гликогена снижается в 5 раз, а количество молочной кислоты — более чем в 2 раза, реакция среды смещается в кислую сторону. От молекул мышечных белков актина и миозина отщепляются ионы кальция, калия, магния. При этом уменьшается растворимость протеинов, и вследствие снижения количества АТФ образуется нерастворимый актомиозин.

Актин довольно прочно удерживается в структуре миофибрилл, поэтому и связанный с ним миозин не извлекается без воздействия веществ, деполимеризующих актомиозиновый комплекс. При наступлении процесса окоченения актомиозин обезживается, мышечные волокна резко уплотняются, объем их уменьшается и между ними появляются промежутки.

Уровень гидратации белков мышечной ткани в стадии окоченения снижается за счет уменьшения в молекулах белков числа гидрофильных центров при образовании актомиозина, а также приближения величины рН к изоэлектрической точке мышечных белков (5...5,5), при которой влагосвязывающая способность их уменьшается на 25 % по сравнению с парным мясом, т. е. становится минимальной. Во время развития окоченения массовая доля связанной влаги снижается до 72 % общего содержания ее в мясе.

Понижение экстрагируемости миофибриллярных белков продолжается до определенного периода. Например, в мышцах крупного рогатого скота до 24...48 ч, для мышц птиц этот период значительно меньше. Затем происходит повышение растворимости мышечных белков за счет диссоциации актомиозинового комплекса и ослабления агрегационных взаимодействий вследствие перераспределения зарядов. Одной из причин повышения экстрагируемости является также ограниченная протеолитическая деструкция миофибриллярных белков.

Диссоциация актомиозина может быть установлена путем исследования физических и химических свойств водных вытяжек созревающего мяса.

Ход определения

1. Приготовление исследуемого экстракта водорастворимых белковых фракций мышечной ткани и осадка миофибриллярных белков:

а) мышцы животных массой 100 г освобождают от жира и прирезей соединительной ткани, измельчают сначала ножом, затем на мясорубке;

б) навески измельченного сырья массой 3...4 г помещают в стаканы и добавляют дистиллированную воду в соотношении 1:6 (по массе). Тщательно перемешивают и ведут экстракцию при 0 °С в течение 30 мин. Навеску с экстрактом переносят в центрифужные пробирки и центрифугируют при 5000 оборотах в течение 15 мин. Надосадочную жидкость осторожно декантируют в стеклянные пробирки с притертыми пробками и используют впоследствии для определения водорастворимой фракции мышечных белков. Экстракт сохраняется при температуре 4 °С не более 7 сут;

в) осадки после извлечения водорастворимой фракции белков количественно переносят в фарфоровые ступки с песком и добавляют к ним солевой раствор Вебера в соотношении 1:6 (по массе) к первоначальной навеске мышечной ткани (см. п. 1.б). Экстракцию ведут при 0 °С в течение 20 мин. По истечении этого времени экстракты и навески переносят в центрифужные пробирки и центрифугируют в течение 10 мин при 5000 оборотах. Надосадочную жидкость осторожно декантируют и используют для количественного определения актомиозинового комплекса миофибриллярных белков. Экстракты сохраняются при температуре 4 °С в стеклянных пробирках с пробками не более 7 сут.

2. Определение массовой доли водорастворимой фракции белков.

В три пробирки помещают по 1 мл исследуемого экстракта (см. п. 1.б) и прибавляют по 4 мл биуретового реактива. Смесь оставляют при температуре 20...25 °С в течение 30 мин. По истечении этого времени измеряют оптическую плотность растворов на спектрофотометре ($\lambda = 540\text{--}560$ нм, $\tau = 10$ мм). Для практического определения и последующего расчета используют градуировочный график, приведенный в приложении.

Расчет производят по формуле

$$W_B = \frac{c \cdot V \cdot P}{m} \cdot 100,$$

где W_B — массовая доля водорастворимой белковой фракции в пересчете на альбумин, %;

c — концентрация водорастворимого белка, мг/мл, полученная по калибровочному графику, приведенному на с. 60;
 V — объем исследуемого экстракта, мл;
 P — степень разведения;
 m — масса навески мышечной ткани, мг.
 Результаты исследований заносят в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Вид мышечной ткани	V , мл	M , г	№ пробы	D , отн ед.	c , мг/мл	W_B , %	\bar{W}_B , %
			1				
			2				
			3				

3. Определение миофибриллярных белков.

Для снижения концентрации солей в экстракте белков соле-растворимой фракции (см. п. 1.в) по 2 мл экстрактов помещают в три пробирки и прибавляют дистиллированную воду, охлажденную до 0 °С в соотношении 1 : 9. При проведении работы исследуют две зоны осаждения актомиозинового комплекса — при рН 5,2 и рН 7,0. В первом случае к половине объема разведенного раствора добавляют по каплям ацетатный буфер с рН 4,8, контролируя и доводя рН раствора по рН-метру до 5,2. Во втором случае половину разведенного раствора нейтрализуют по каплям 1 %-ным раствором уксусной кислоты, доводя рН до 7,0. Осажденный актомиозин после некоторого уплотнения при отстаивании на холоде (30 мин в холодильной камере) отделяют фильтрованием на предварительно высушенные до постоянной массы в термостате при температуре 105 °С и взвешенные на аналитических весах с точностью до 0,0002 г фильтры. Массу осадков определяют после их высушивания на фильтрах до постоянной массы при температуре 105 °С.

Массовые доли фракций актомиозина W_{AM} , % рассчитывают по формуле

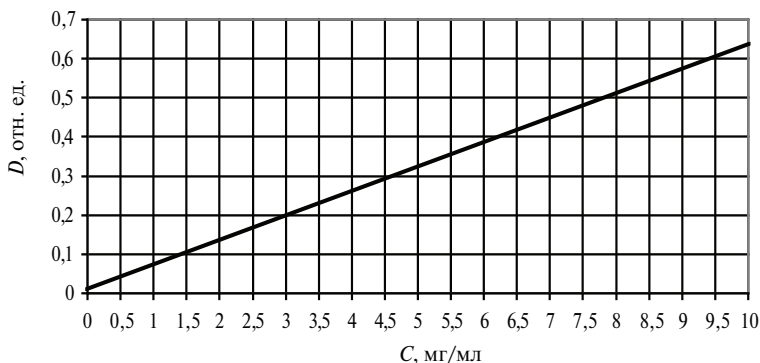
$$W_{AM} = \frac{(a - a_{\phi}) \cdot P}{m_{нав}} \cdot 100,$$

где a — суммарная масса фильтра и сухого остатка, г;
 a_{ϕ} — масса высушенного фильтра, г;
 P — разбавление раствором Вебера;
 $m_{нав}$ — масса навески образца мышечной ткани, (см. п. 1.б).

Результаты исследований заносят в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Вид мышечной ткани	$m_{\text{нав}}, \text{г}$	$V, \text{мл}$	P	№ пробы	$a_{\text{ф}}, \text{г}$	$a, \text{г}$	$a-a_{\text{ф}}, \text{г}$	$W_{\text{AM}}, \%$	$\overline{W}_{\text{AM}}, \%$
				1					
				2					
				3					
				1					
				2					
				3					



Калибровочный график для определения содержания водорастворимой фракции белков (по альбумину)

2.3.3. Определение содержания продуктов гидролиза белков и пептидов

Процесс созревания мяса, протекающий при высоких температурах хранения, может сопровождаться значительным увеличением количества аминокислотного азота и других продуктов распада белков. Это связано с активацией пептидаз, катализирующих разрыв пептидных связей белковых молекул. При разрушении пептидных связей белков освобождаются карбоксильные и аминогруппы. В дальнейшем происходит дезаминирование аминокислот, что приводит к увеличению количества общего азота (аминокислотного азота).

Содержание аммиака в созревшем мясе составляет 1,5 % от содержания общего азота, на этой стадии аммиак полностью

связывается продуктами анаэробного гликогенолиза. Это влияет на количество буферных веществ мяса и рН, который начинает повышаться. Этот факт может служить одним из показателей гидролитической порчи белковых веществ мышечной ткани.

Процесс гидролитического распада белковых веществ мяса сопровождается разрушением морфологических структурных элементов мышечной ткани, что обуславливает снижение жёсткости мяса и увеличение степени отделения мясного сока. В результате образования продуктов взаимодействия аминокислот с рибозой и другими редуцирующими веществами мясо приобретает коричневатую окраску.

Метод определения аминоаммиачного азота основан на связывании аминогрупп и аммиака формальдегидом и титровании щёлочью карбоксильных групп, количество которых эквивалентно азоту аминогрупп и аммиака.

Ход определения

1. Приготовление исследуемых экстрактов:

а) мышцы животных разных видов (говядина, свинина, баранина или птица) разных сроков и условий хранения массой по 100 г освобождают от жира и прирезей соединительной ткани, измельчают на мясорубке;

б) навески предварительно измельченной мышечной ткани массой $(10,00 \pm 0,02)$ г растирают в ступках с 5...10 мл дистиллированной воды и кварцевым песком. Смесь количественно переносят в мерные колбы с помощью воронок и стеклянных палочек. Доводят объём раствора в колбе до метки дистиллированной водой. Тщательно перемешивают и фильтруют экстракт в сухие мерные колбы и снова доводят до метки водой. Полученный экстракт хранят не более 7 сут при температуре (4 ± 1) °С и используют для дальнейших определений низкомолекулярных продуктов гидролиза белков и пептидов.

2. Определение содержания низкомолекулярных продуктов гидролиза белков и пептидов мышечной ткани формальным титрованием.

Для опыта отбирают пипеткой по 20 мл образца фильтрата в конические колбы и приливают с помощью цилиндра 20 мл рабочего раствора формальной смеси. Затем из пипетки добавляют раствор гидроксида натрия 0,2 М концентрации до появления ярко-розового окрашивания исследуемого раствора.

Одновременно с тремя исследуемыми образцами проводят контрольное титрование. Для этого отбирают пипеткой 20 мл прокипяченной (свободной от CO_2) и охлажденной дистиллированной воды, приливают 10 мл рабочего раствора формальной смеси и титруют 0,2 М раствором гидроксида натрия до появления ярко-розовой окраски контрольного раствора. Объём раствора

NaOH фиксируют. Затем оттитровывают избыток NaOH 0,2 М раствором HCl.

Расчеты производят по формуле

$$A = \frac{(V - V_k) \cdot 2,8 \cdot V_э}{V_a \cdot m_{нав}} \cdot 100,$$

- где A — содержание низкомолекулярных продуктов гидролиза белков и пептидов, мг/100 г;
 V — объём 0,2 М раствора гидроксида натрия, добавленного к исследуемому раствору, мл;
 V_k — объём 0,2 М раствора NaOH, добавленного к контрольному образцу;
 $V_э$ — объём экстракта (100 мл);
 V_a — аликвотный объём пробы экстракта, мл;
 $m_{нав}$ — масса навески мышечной ткани, г;
 2,8 — масса аминного азота, соответствующая 1 мл 0,2 м раствора NaOH, мг.

Результаты эксперимента заносят в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Вид мышечной ткани	$m_{нав}$, г	№ пробы	V_k , мл	V , мл	V_{HCl} , мл контр.	$V - V_k$, мл	A	\bar{A}
		1						
		2						
		3						

2.3.4. Оценка органолептических показателей мясного бульона и продуктов распада белков

При завершении процесса оковенения в результате биохимических, физико-химических и структурных изменений происходит постепенное размягчение мышечной ткани, мясо приобретает соответствующие вкусовые и ароматические достоинства — оно созревает. Созревшее мясо имеет специфический запах, после варки оно делается сочным и нежным, бульон из такого мяса прозрачный, вкусный и ароматный, с большим количеством капель жира на поверхности. Во время кулинарной обработки созревшего мяса потери белков с бульоном уменьшаются.

При созревании мяса вследствие биохимических процессов повышается величина pH и количество АТФ, происходит распад актомиозина и увеличение растворимости миозина. Протеолиз белков миофибрилл приводит к накоплению в мышечной ткани

пептидов и свободных аминокислот (глутаминовой, аргинина, лейцина, валина, триптофана, тирозина и фенилаланина), придающих бульону специфический вкус.

В созревшем мясе развариваемость коллагена внутримышечной соединительной ткани возрастает до уровня, соответствующего парному мясу, увеличивается влагосвязывающая способность мяса, повышается набухаемость белков в воде и растворах поваренной соли. Повышение уровня гидратации белков созревшего мяса достигает 85...87 % такой же способности парного мяса и приводит к снижению количества тканевого сока, выделяющегося при варке и отпрессовывании.

В процессе созревания мяса мышечные волокна набухают, разрыхляются и распадаются, постепенно увеличивается нежность мяса в сыром виде и после тепловой обработки.

Улучшение вкуса и аромата варёного созревшего мяса обусловлено превращениями группы азотистых экстрактивных веществ. Накапливающаяся при распаде АТФ инозиновая кислота обладает запахом мясного отвара, образуются также инозин и гипоксантин, по количеству которого судят о степени созревания мяса. Кроме инозиновой кислоты и гипоксантина, в формировании вкуса и аромата принимают участие глутаминовая кислота, образующаяся при дезаминировании глутамина и обладающая специфическим вкусом мясного бульона, свободные аминокислоты, карбонильные соединения, а также низкомолекулярные летучие жирные кислоты, образующиеся при гидролитическом распаде внутритканевых липидов.

Присутствие в бульоне продуктов распада белков мяса уславливают посредством проведения качественной реакции с сульфатом меди. В бульоне, полученном из свежего мяса, при добавлении 5 %-ного раствора сульфата меди не наблюдается никаких изменений или наблюдается небольшое помутнение. В бульоне из несвежего, долго или неправильно хранившегося мяса появляются хлопья или образуется студнеобразный осадок голубого (зеленого) цвета. Этот факт объясняется взаимодействием между ионами меди и первичными продуктами распада белков (хлопья) и продуктами более глубокого распада белков (осадок).

Ход определения

1. Приготовление мясного бульона и оценка его органолептических показателей.

Образцы мяса разных видов и сроков хранения массой 20,0 г тщательно измельчают и помещают в конические колбы на 250 мл, заливают 60 мл дистиллированной воды, перемешивают и ставят на кипящую водяную баню. При достижении температуры внутри колбы 80...85 °С и при появлении первых паров оценивают запах

мясного бульона. Затем сливают бульон в цилиндр объёмом 25 мл и оценивают его прозрачность. Наблюдения фиксируют. Полученный бульон используют для химических исследований.

2. Определение продуктов первичного распада белков в бульоне.

Метод основан на взаимодействии сульфата меди с первичными продуктами распада белка и образованием в бульоне нерастворимого осадка.

Горячий бульон фильтруют через складчатый бумажный фильтр в пробирку, помещённую в стакан с холодной водой. В другую пробирку помещают 2 мл фильтрата, добавляют 3 капли 5 %-ного раствора сульфата меди и встряхивают. Через 5 мин отмечают результаты наблюдений.

Мясо считают свежим, если при добавлении раствора сульфата меди бульон остаётся прозрачным.

Мясо считают несвежим, если при добавлении к бульону раствора сульфата меди наблюдается образование желеобразного осадка, а в бульоне из размороженного мяса появляются крупные хлопья осадка.

Результаты органолептического анализа бульона и определения первичных продуктов распада белков оформляют в виде табл. 2.6, включая экспериментальные данные, полученные при выполнении исследований по пп. 2.1.1–2.1.3.

Таблица 2.6

Вид мышечной ткани	$\tau_{\text{хр}}$	ПА, ед./мл	Массовая доля белковых фракций, %		А, мг %	Показатели мясного бульона		
			$W_{\text{В}}$	$W_{\text{АМ}}$		Аромат	Прозрачность	Наличие продуктов распада

На основании анализа результатов исследований делают вывод о глубине автолитических превращений в испытуемых образцах мяса.

При анализе мяса разных сроков хранения строят график зависимостей $ПА = f(\tau)$; $W_{\text{В}} = f(\tau)$; $W_{\text{АМ}} = f(\tau)$; $A = f(\tau)$. Сопоставляют эти данные с данными по органолептической оценке мясного бульона и содержанием в нём продуктов первичного распада белков. Формулируют рекомендации о технологической пригодности мяса с учётом глубины автолитических превращений.

2.4. АВТОЛИТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЖИРОВОЙ ТКАНИ

Жировые капли в клетках представляют собой эмульсию жира в водной среде. Вещества жировых клеток легко извлекаются эфиром и спиртом-ректификатом. Это указывает на то, что жир непрочен связан со структурами цитоплазмы.

Количество жировых клеток подвержено значительным колебаниям. При голодании количество жира в клетках уменьшается, а при обильном питании, наоборот, увеличивается. Увеличивается и общее количество жировых клеток.

Характерной особенностью жировых клеток является отсутствие способности к делению. Они часто бывают двух-, трех- и четырех ядерными.

Жировые клетки можно выделить в особую группу клеточных форм, так как диаметр их может достигать более 150 мкм (средний размер обычных тканевых клеток 7...10 мкм).

Размер жировых клеток изменяется в зависимости от их расположения в теле животного. Например, размер жировых клеток брюшины свиней варьирует от 30 до 120 мкм, а клеток, взятых из жира подкожной клетчатки, — 90...250 мкм. Размер жировых клеток зависит от возраста животного: чем старше, тем размер жировых клеток больше.

Среди ферментов жировой ткани наиболее характерно присутствие липазы, которая играет важную роль в синтезе и диссимиляции жиров.

Изменения жировой ткани характеризуют в основном изменения самого жира, содержание белков в ней незначительно, а другие элементы химического состава не влияют на показатели качества жира. Продукты химических реакций, образовавшиеся в результате послеубойных изменений тканевых липидов и жирсырья, не улучшают их пищевую ценность. Свежими их можно считать лишь сразу после убоя.

Послеубойные изменения тканевых липидов и жирсырья обусловлены теми же причинами, что и автолитические изменения мяса. Однако результаты автолитических процессов мышечной и жировой ткани совершенно различны, вследствие различий химического их состава.

Автолитические изменения жировой ткани зависят от ее химического состава, присутствия катализаторов и ингибиторов, температуры хранения, освещенности, а также от химических изменений белковых веществ. Процесс автолиза происходит в тканевых липидах, жире-сырце (внутренний жир), жире мяса, соленом жире (шпик), жире сырокопченностей, тушках птицы и рыбы.

Под влиянием биологических и физико-химических факторов в жировой ткани происходят разнообразные превращения, изменяющие свойства жирового сырья и тканей мяса. Интенсивность изменений зависит от свойств пищевого сырья и условий хранения.

Различают гидролитическую и окислительную порчу жира. Нередко оба вида порчи протекают одновременно. В результате ухудшаются органолептические показатели, изменяется химический состав и пищевая ценность жиров.

При повышенных температурах (35...40 °С) создаются благоприятные условия для гидролиза жира тканевыми липазами, происходит глубокий распад жиров до свободных низкомолекулярных жирных кислот и их производных, которые вызывают резкое ухудшение вкуса и запаха — возникает гидролитическая порча жира.

После термической обработки при температуре 60 °С и выше автолитические изменения жира не наблюдаются из-за инактивации тканевых липаз.

Окислительные изменения жиров являются причиной окислительной порчи — наиболее распространенного и опасного вида порчи. Причиной окислительной порчи жиров является образование продуктов окисления — перекисей и гидроперекисей, которые возникают под воздействием кислорода воздуха при низких температурах (самоокисление). Интенсивность окислительных процессов зависит от содержания полиненасыщенных жирных кислот в структуре жира, количества нативных антиоксидантов.

Механизм окислительной порчи разработан лауреатом Нобелевской премии академиком Н. Н. Семеновым при изучении кинетики химических процессов. В основе теории окисления лежит механизм свободно-радикальных цепных реакций. Существенную роль в начальных стадиях цепных реакций играют свободные радикалы, появляющиеся в жире в результате воздействия энергии света, при этом активирование осуществляется металлами переменной валентности.

2.4.1. Гидролитические изменения липидов

Автолитические превращения жировой ткани начинаются сразу же после прекращения жизни животного. Снижение температуры туши приводит к отвердению жира. Жиры подвергаются воздействию мышечных липаз, катализирующих гидролитический распад внутритканевых липидов. Оптимум действия мышечных липаз лежит в слабощелочной зоне (рН 7,3...7,5). Чем выше запасы гликогена в мышцах и интенсивнее его распад, тем быстрее происходит понижение рН, что приводит к постепенному снижению активности липаз.

При хранении жировой ткани целостность клеточных мембран, в том числе лизосом, нарушается. Это приводит к выходу из них лизосомальных липаз, оптимум действия которых ниже оптимума действия мышечных липаз и находится в пределах pH 4,0...4,5. Таким образом, гидролитическое расщепление жиров продолжается в послеубойный период достаточно активно.

Прогоркание жиров — результат сложных химических и биохимических процессов, протекающих в липидном комплексе. В зависимости от механизма превращений жиров различают *гидролитическое* и *окислительное* прогоркание. Оба типа прогоркания в зависимости от факторов, каталитически воздействующих на процессы превращения жиров, подразделяют на *автокаталитическое* (неферментативное) и *ферментативное* (биохимическое).

Автокаталитический процесс гидролиза протекает в гомогенной среде, в реакции принимает участие вода, распределенная в жировой фазе. При наличии в жире значительного количества воды в условиях обычных температур неферментативный гидролиз жиров проходит с едва заметной скоростью. Это объясняется двумя причинами: во-первых, тем, что скорость собственно гидролитической реакции при обычных температурах ничтожно мала; во-вторых, тем, что практически несмешиваемость водной и жировой фаз препятствует необратимому контакту между ними. Увеличение скорости гидролиза при хранении жиров в условиях достаточного или избыточного количества воды можно объяснить также принципом Ле Шателье. Равновесие реакции гидролиза жира вследствие постоянной убыли концентрации глицерина (перехода его в водную фазу) сдвигается в сторону прямой реакции образования глицерина и жирных кислот. Скорость гидролиза возрастает также с увеличением температуры.

На рис. 2.4 приведена схема гидролитического распада липидов.

Следует отметить, что полного расщепления молекул триацилглицеринов с образованием глицерина в условиях холодильного хранения не происходит.

Ферментативный процесс гидролиза жира обуславливается наличием в жирах *липолитических ферментов (липаз)*, которые присутствуют в нативных жирах, а также вносятся в них при развитии нежелательной микрофлоры.

Липазы (ацилглицерин-ацил-гидролазы) гидролизуют эфирные связи в три-, ди- и моноацилглицеринах, высвобождая свободные жирные кислоты. Некоторые из них обладают более широкой специфичностью и гидролизуют также и другие эфирные связи. Липазы играют важную роль в мобилизации резервных триацилглицеринов в жировой ткани. Фосфолипазы можно классифицировать как ацилгидролазы (фосфолипазы *A* и *B*) и фосфодиэстеразы (фосфолипазы *C* и *D*).

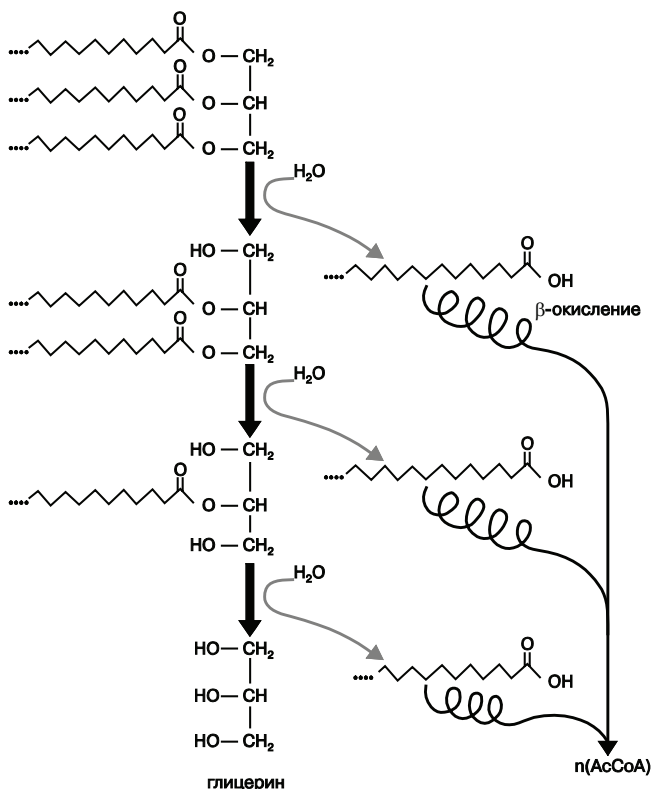


Рис. 2.4. Схема гидролитического распада липидов

Стабильность пищевого сырья по отношению к липолитическому распаду служит показателем биохимической активности вовлеченных ферментов, кофакторов и липидных субстратов. Нерастворимые в воде липиды имеют тенденцию к агрегации, образуя граничный межфазный слой. Липазы и фосфолипазы имеют характерную особенность, связанную с их необычным поведением в этом водно-липидном слое. По этой причине чувствительность к липолизу и последующему окислению липидов также определяется физико-химическими свойствами этой уникальной двухмерной среды.

Явление «межфазной активации» обычно сопровождается аллостерическим изменением фермента, наблюдаемым также у фосфолипаз. Для активации связывания водно-липидного слоя некоторые липазы и фосфолипазы нуждаются во втором компоненте

(активаторе). Например, липопротеинлипазы молока активны только в том случае, если триглицеридный субстрат образует комплекс с липопротеиновым компонентом сыворотки. Последствием такого объединения субстратов является создание двухмерной поверхности липидов, создающей более высокую концентрацию доступного субстрата.

Триацилглицерины имеют относительно малую площадь активной поверхности по сравнению с фосфолипидами, входящими в состав мембранного бислоя. Низкая доступность субстрата ограничивает скорость реакций. Однако это не относится к кинетике липолиза в условиях низких температур. Роль гидролиза триацилглицеринов в формировании вкуса и запаха прогорклости нельзя недооценивать. Этот аспект очень важен для многих пищевых продуктов, хранящихся в охлажденном или замороженном состоянии. С одной стороны, появление небольшого количества свободных жирных кислот не вызывает изменения запаха и вкуса мяса, повышает эмульгирующую способность жира, способствует лучшему усвоению его в организме. Отрицательные последствия заключаются в том, что продукты гидролиза липидов катализируют их дальнейшее окисление.

Скорость и глубина гидролиза жира существенно зависят от температуры. Оптимум действия липаз составляет 35...40 °С. При тепловой обработке продукта выше 60 °С липазы, как правило, инактивируются, а поражение микрофлорой в процессе холодильного хранения является нетипичным, поэтому ферментативное прогоркание встречается в практике хранения жиров и жирсодержащих продуктов достаточно редко. Тем более что гидролитическое прогоркание свойственно только для таких жиров и масел, в состав триацилглицеринов которых входят значительные количества низко- и среднемолекулярных жирных кислот (С8 и ниже), обладающих резким неприятным вкусом и запахом. Такие жиры легче поддаются окислению и портятся быстрее.

Быстрая переработка жирсырья в сочетании с промывкой холодной водой, охлаждением жировой ткани способствует замедлению расщепления жира липазой. Гидролитическая порча топленого жира возможна лишь при наличии влаги, обсеменения микрофлорой, неполной денатурации белков при вытопке жира или в присутствии неорганических катализаторов.

Развитие гидролиза имеет как положительное, так и отрицательное технологическое значение. С одной стороны, появление небольшого количества свободных жирных кислот не вызывает изменения запаха и вкуса мяса, повышает эмульгирующую способность жира, способствует лучшему усвоению его в организме. Отрицательные последствия заключаются в том, что продукты

гидролиза катализируют ход окислительных процессов, нежелательных в условиях мясного производства, понижают температуру дымообразования.

В формировании прогорклости решающее значение имеет степень ненасыщенности жирных кислот, входящих в состав липидов. Как правило, чем больше фрагментов ненасыщенных молекул, тем выше их чувствительность к окислению.

Нативные полиненасыщенные жирные кислоты с двумя и более двойными связями имеют тенденцию быть связанными с центральным атомом углерода глицерина — как в триацилглицеринах, так и в фосфолипидах. Такая локализация ненасыщенных жирнокислотных остатков связана с повышением стабильности триацилглицеринов к самоокислению.

Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) более чувствительны к окислению, если они находятся в свободной, а не в этерифицированной форме. Это объясняет ключевую роль липолиза в снижении качества сырья животного происхождения. Содержание свободных жирных кислот в сырье используют в качестве индикатора его окислительной стабильности. Накопление свободных жирных кислот выражается в повышении кислотного числа жира. В свежей жировой ткани кислотное число невелико и не превышает 0,05–0,2 мг КОН на 1 г жира.

В молекулах фосфолипидов степень ненасыщенности жирных кислот влияет на целый ряд свойств, определяющих целостность мембран, а значит, и стабильность пищевого сырья к хранению. Фосфолипиды, содержащие высокий процент ненасыщенных ацильных радикалов (например, фосфолипиды рыб), не способны к плотной упаковке вследствие стерических препятствий, создаваемых двойными связями и наличием крупных заместителей в *цис*-конфигурации. Это влияет на вязкость и температуру плавления липидов, а также на скорость диффузии фермента в пограничный слой липидов.

Выше температуры плавления липиды текучи и находятся в жидко-кристаллическом состоянии. Ниже — в гелеобразном и твердом состоянии. Резкое понижение температуры ниже точки фазового перехода может привести к утрате избирательности проницаемости мембран. Это происходит также в поврежденных тканях и приводит к активации ферментов, в том числе кальций-зависимой фосфолипазы, с последующим автолизом мембран. При нарушении целостности мембран происходит «протекание» различных фракций, что приводит к смешиванию ферментов и их кофакторов с субстратами.

Фосфолипидные мембраны с высокой степенью ненасыщенности в условиях низких температур остаются жидкими. Это является важным фактором при хранении или замораживании пище-

вого сырья с неповрежденной тканевой структурой, то есть в том случае, когда присутствующие ферменты не были предварительно инактивированы с помощью тепловой обработки. Окисление оказывает обратное действие на динамику агрегатного состояния мембран, то есть снижает их текучесть.

Как уже было сказано ранее, реакции, катализируемые липазами и фосфолипазами, включают межфазную адсорбцию и последующий катализ, поэтому эти физико-химические явления имеют прямое отношение к липолизу пищевого сырья. Таким образом, наряду с собственно свойствами вовлеченных ферментов важно учитывать физико-химические свойства их липидного окружения.

Природа и степень липолиза по всей видимости зависит от типа метаболизма мышечной ткани, обусловленного содержанием субстратов и ферментов. Это связано с различиями в окислительной активности мышечной ткани и в эффективности посмертной мобилизации липидов из жировых отложений, хотя иногда более важным фактором формирования прогорклости является распад фосфолипидов. Результаты исследований мышечной ткани различной морфологии показали, что красная мышечная ткань характеризуется более высоким содержанием фосфолипидов, а значит и содержанием полиненасыщенных жирных кислот и повышенной активностью фосфолипазы и липазы, по сравнению с белой мышечной тканью.

С увеличением окислительной активности мышц содержание в них полиненасыщенных жирных кислот возрастает. В белых мышцах фосфолипиды — более важный источник свободных жирных кислот, чем триацилглицерины, а в красных триацилглицерины обеспечивают такое же или более высокое содержание свободных жирных кислот, чем фосфолипиды. Это отражает состав метаболических ферментов в мышцах различной морфологии, поскольку красная (окислительная) мышечная ткань, богатая железосодержащими ферментами, лучше приспособлена к извлечению энергии из жировых отложений, а белая (гликолитическая) — из гликогена. Подобное наблюдается при хранении мяса индейки, в котором окисление в бедренных мышцах заметнее по сравнению с грудными. Это объясняется более высоким содержанием фосфолипидов и полиненасыщенных жирных кислот в белых мышцах.

Важным фактором окислительной стабильности является также участие в активизации окисления гемовых протеинов, присутствующих в красных мышцах. Таким образом, красное мясо и продукты, выработанные из этой мышечной ткани, подвержены более выраженному окислительному прогорканию, по сравнению с белым мясом и продуктами его переработки. В мясе птицы

(цыплята, индейки и т. д.) содержание ПНЖК выше, по сравнению с красным мясом. Однако, при этом практически весь жир находится под кожей птиц и может быть легко отделен. В вареных грудках цыпленка жира около 1,3 %, тогда как в говядине — от 13 до 30 %.

Липиды рыб отличаются от липидов большинства других животных составом высокомолекулярных жирных кислот — степень ненасыщенности их выше. Полиеновые кислоты образуются в фитопланктоне и водорослях, находящихся в основании пищевой цепи морской фауны. Две основные жирные кислоты — эйкозапентаеновая ($C_{20:5} n-3$) и докозагексаеновая кислота ($C_{22:6} n-3$) — считаются полезными для здоровья, поскольку снижают риск развития сердечно-сосудистых заболеваний и атеросклероза. Однако ненасыщенная природа липидов оказывает негативное влияние на окислительную стабильность рыбы при холодильном хранении.

Распределение липидов в различных анатомических частях жирной рыбы сильно варьирует. В темном мясе (0,5 см под кожей), составляющем 20 % от массы филе, содержится 20 % липидов, а в белом мясе (80 % от массы филе) — 4 % (скумбрия и макрель). Белое мясо в два раза богаче фосфолипидами, чем темное (19 и 10 % соответственно). Примерно такое же соотношение наблюдается для $n-3$ жирных кислот — эйкозапентаеновой и докозагексаеновой. В замороженной балтийской сельди большая часть (до 55 %) свободных жирных кислот в темном мясе образуется из триацилглицеринов, а в белом мясе — в основном из фракции фосфолипидов (до 75 %). Таким образом, в тканях рыб, также как и в мясе убойных животных, в белых мышцах фосфолипиды являются основным источником свободных жирных кислот, а красное мясо не уступает белому по интенсивности расщепления резервных триацилглицеринов и фосфолипидов.

Липазы мышечной ткани рыб, вовлеченные в мобилизацию резервных триацилглицеринов, чувствительны к воздействию гормонов стресса. Поэтому большое значение для стабильности рыбного сырья при хранении имеет состояние упитанности рыбы и стресс при вылове.

2.4.2. Окислительные изменения липидов

Окислительному автокаталитическому прогорканию подвержены все пищевые жиры. В основе этого типа прогоркания лежат цепные радикальные процессы с вырожденным разветвлением между кислородом воздуха и ненасыщенными жирными кислотами жира. Первичными продуктами этого процесса являются гидроперекиси, из которых путем сложных реакций образуется

смесь различных соединений: насыщенных и ненасыщенных альдегидов, кетонов, моно- и дикарбоновых кислот, альдегидокислот, кетокислот и их эфиров, гидроксисоединений, эпоксидов, полимеров и т. д. Большинство из этих веществ принимает основное участие в развитии привкуса прогоркания; летучие вещества, кроме этого, обуславливают и ухудшение вкуса.

Автоокисление жиров является основным, наиболее типичным для этой группы пищевых продуктов животного происхождения процессом, снижающим их качество. Сохранение полноценности жиров в процессе хранения в значительной степени зависит от эффективности защиты их от процесса автоокисления.

Свидетельством токсичности продуктов окисления жиров являются и данные по их влиянию на состояние организма в целом. В частности, установлено, что они задерживают рост молодых животных, вызывают различные расстройства и заболевания, в том числе и достаточно серьезные. Некоторые исследователи факторами токсичности самоокисленных жиров считают перекиси. Канцерогенным действием обладают продукты глубокого окисления жиров — эпоксисоединения.

Процесс окисления липидов включает последовательность свободно-радикальных цепных реакций. Свободные радикалы представляют собой молекулы, в которых один из атомов имеет свободную валентность, т. е. один валентный электрон. Обычно его обозначают точкой, например, свободный радикал R·. Свободные атомы, например водород H или кислород O, также содержат свободные валентности (у атома кислорода их две) и обладают рядом свойств, подобных свободным радикалам. Радикалы высоко реакционноспособны. Они неустойчивы и стремятся перейти в стабильное состояние путем насыщения свободной валентности.

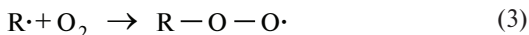
Процесс окисления липидов начинается с образования свободных радикалов, к которым относительно легко присоединяется свободный кислород. Свободные радикалы могут возникать под действием различного рода инициаторов окисления, которыми могут быть энергия света или других типов излучения, тепловая энергия, металлы с переменной валентностью, а также многие химические вещества, способные расщеплять связь R—H. В результате поглощения внешней энергии молекула жирной кислоты получает энергию E и переходит в возбужденное состояние:



Возбужденное состояние обуславливает нестабильность молекулы R*H и ее распад на радикалы:



Образовавшиеся свободные радикалы обладают высокой активностью и вступают в реакцию с кислородом, образуя реакционноспособные *перекисные* радикалы:



Перекисные радикалы реагируют с новыми молекулами окисляемого субстрата. В результате образуются гидроперекиси и новый свободный радикал $R\cdot$:



который вновь вступает в реакцию с кислородом. Таким образом, возникает цепная реакция.

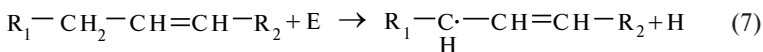
С молекулой кислорода может также взаимодействовать и свободный атом водорода, в результате чего образуется свободный радикал:



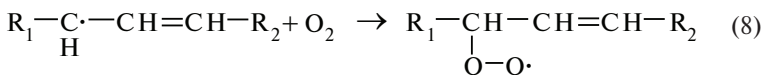
Обрыв цепи может произойти в результате рекомбинации свободных радикалов, при которой два свободных радикала образуют одну неактивную молекулу:



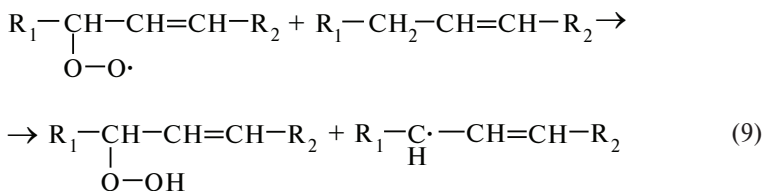
При окислении липидов свободные радикалы образуются отщеплением атома водорода от углеводородных цепей жирных кислот, находящихся в свободном или связанном состоянии. Это происходит в тех местах углеводородной цепи, где связь углерода с водородом оказывается менее прочной. Молекулы ненасыщенных жирных кислот окисляются в первую очередь:



При взаимодействии *алкильного* радикала $R_1-\underset{H}{\overset{\cdot}{C}}-CH=CH-R_2$ с кислородом образуется *пероксильный* радикал:



который реагирует с новой молекулой ненасыщенной жирной кислоты, отрывая от нее атом водорода, и превращается в гидроперекись:



Таким образом, самоокисление, протекающее по свободно-радикальному механизму, имеет 2 периода.

Первый период (инициация — реакции (1)–(4) заключается в образовании липидных радикалов. Отрыв атома водорода активными частицами (например, гидроксильными радикалами) может привести к инициации (запуску процесса) окисления липидов. Вторичная инициация, вызываемая гомолитическим расщеплением гидропероксидов — достаточно низкоэнергетическая реакция, являющаяся одной из основных реакций инициации окисления в пищевых маслах. Как правило, эта реакция катализируется ионами металлов.

После инициации, во втором периоде, происходят реакции продолжения цепи окисления, в ходе которых одни липидные радикалы преобразуются в другие. Эти реакции, как было показано выше, сводятся к отрыву атома водорода от молекулы липида или присоединению атома кислорода к алкильному радикалу — реакции (7)–(9). Энтальпия этих реакций сравнительно ниже энтальпии реакций инициации, поэтому продолжение цепи окисления протекает быстрее.

Отрыв атома водорода на стадии продолжения цепи происходит преимущественно от тех атомов углерода, в которых энергия диссоциации связи очень низка. Насыщенные жирные кислоты довольно стабильны, и скорость их окисления высокой не бывает. Так как энергию диссоциации связи С–Н снижают присутствие по соседству фрагментов ненасыщенности, наиболее легко отрыв водорода происходит от метиленовой группы между двумя алкеновыми группами полиненасыщенных жирных кислот. Следовательно, скорость окисления будет значительно выше, если в пищевом продукте присутствуют полиненасыщенные жирные кислоты.

По разным данным соотношение скоростей окисления олеиновой (C_{18:1}) и линолевой кислот (C_{18:2}) в разных субстратах составляет от 1:12 до 1:40. Иначе говоря, увеличение скорости окисления при наличии кратных связей в жирной кислоте обычно пропорционально количеству метиленовых групп между каждой парой двойных связей. Таким образом, скорости окисления C_{18:2}, C_{18:3} и C_{20:4} примерно соотносятся как 1:2:3.

Скорость реакции алкильных радикалов с кислородом велика, и поэтому пероксильные радикалы присутствуют в концентрациях значительно более высоких, чем алкильные. *Алкоксильные* радикалы, образующиеся при разложении гидропероксидов, могут распадаться с образованием летучих соединений (спиртов или альдегидов), которые уже не связаны с глицериновым каркасом и присутствуют в виде глицеридов жирных кислот.

Низкомолекулярные альдегиды обуславливают формирование запаха окисленных жиров — окислительное прогоркание. Таким образом, присутствие в пищевом продукте полиненасыщенных жирных кислот проявляется не только в повышении скорости окисления липидов, но и в образовании летучих веществ различного рода. Как правило, жирные кислоты с *n*-3-структурой (линоленовая) образуют летучие продукты окисления, которые воспринимаются в качестве посторонних привкусов при значительно более низких пороговых уровнях, чем летучие продукты окисления *n*-6-жирной кислоты (линолевой). В результате разложения 13-гидропероксида линолевой кислоты образуется гексаналь. Гексаналь, в отличие от других летучих карбонильных соединений, не оказывает заметного влияния на формирование посторонних привкусов, ощущаемых при органолептической оценке окисленного жира, поскольку характеризуется достаточно высоким порогом вкусового восприятия. Порог вкусового восприятия для некоторых альдегидов, образующихся при самоокислении линолевой кислоты, приведены в табл. 2.7.

Пороговая концентрация летучего компонента, при которой можно обнаружить его участие в формировании вкуса, зависит от характера среды. Обычно неполярные вещества характеризуются более высокими пороговыми значениями восприятия вкуса в неполярной среде, например, в жирах, чем в воде.

Таблица 2.7

Пороговые концентрации вкусового восприятия продуктов окисления линолевой кислоты

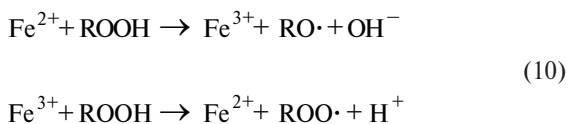
Соединение	Порог восприятия, мг/кг жира
Гексаналь	0,08–0,6
Гептаналь	0,04–0,055
Октаналь	0,04–0,6
Транс-2-ноненаль	0,04–0,4
Цис-2-деценаль	0,1
Транс, транс-5-2,4-нонадиеналь	0,46
Транс, цис-2,4-декадиеналь	0,02

Процесс окисления липидов обычно имеет некоторый индукционный период, характеризующийся постоянной низкой скоростью окисления, за которым следует стадия быстрого окисления. Продолжительность этого индукционного периода существенно сокращается в присутствии прооксидантов и значительно увеличивается при использовании малых концентраций нативных антиоксидантов, например α -токоферола, каротиноидов, лецитина, витаминов А и К), или искусственных антиоксидантов (производные фенола, содержащиеся в копильном дыму), некоторых специй или их экстрактов.

Окислительные изменения жиров в процессе хранения и переработки могут протекать с различной скоростью, глубиной и направленностью в зависимости от природных свойств жира и условий окисления. К природным факторам относится состав, находящихся в жире жирных кислот. Чем больше число ненасыщенных кислот и чем больше двойных связей, тем быстрее происходит окисление. Жир свиней и птицы окисляется быстрее, чем говяжий и бараний.

Скорость процесса окисления, приводящего к общему ухудшению качества мяса, с увеличением температуры заметно возрастает. Извлечение жира из жировой ткани и его очистку необходимо вести при возможно более низкой температуре.

Металлы переменной валентности, такие как железо или медь, попадающие в жиры в процессе их технологической переработки, а также органические соединения, содержащие железо — гемоглобин, миоглобин и др., — являются очень эффективными *прооксидантами* (катализаторами окисления), даже если они присутствуют в следовых количествах. Как катализаторы эти металлы особенно эффективны, если разложение гидропероксидов протекает по одноэлектронному механизму. Например:



Необходимо, чтобы жир был очищен от крови и мышечной ткани, способствующих его окислению за счет содержащихся в них гемовых пигментов. Загрязнение жиров, особенно бактериальное обсеменение, ускоряет процесс окислительных изменений жиров. Попадание легкоокисляющихся металлов катализирует окисление. Не рекомендуется хранить жиры в металлической таре.

Очень активными катализаторами окисления липидов являются ферменты микроорганизмов. В случае бактериального

окисления, при котором источником ферментов являются микроорганизмы, процесс разрушения липидов, как и тканей в целом, протекает более глубоко с возможным образованием токсичных продуктов.

Процесс окисления жиров ускоряется под воздействием света, особенно в ультрафиолетовой области. Это связано с тем, что энергия кванта ближнего ультрафиолетового излучения, входящего в состав видимого света, равна примерно 400 кДж и вполне соизмерима с энергией даже наиболее прочной C-H -связи в насыщенных жирных кислотах.

Продолжительность хранения жиров существенно зависит от содержания кислорода воздуха в сырье и продолжительности контакта с воздухом в процессе обработки и хранения. Хранить жир целесообразно в герметичной таре, в темноте и при низкой температуре. Продолжительность хранения может быть увеличена, если жир хранить в условиях вакуума или в среде инертных газов, используя полимерные упаковки.

Добавление к жиру *антиокислителей* увеличивает срок хранения даже в сравнительно неблагоприятных условиях. Принцип действия классических антиоксидантов основывается на увеличении продолжительности индукционного периода. Механизм действия антиокислителей различен. Собственно антиокислители (ингибиторы) вступают в реакцию со свободными радикалами, инактивируя их, что приводит к обрыву цепи:



В результате взаимодействия с кислородом активные молекулы ингибиторов переходят в неактивные продукты:



Типичным представителем антиокислителей этого типа является каротин.

Ингибиторами второго типа являются вещества, которые взаимодействуют с гидроперекисями, образуя неактивные соединения. Возможность зарождения новых цепей снижается.

Принцип действия *синергистов* — восстановителей активности ингибиторов, основан на том, что они являются донорами водорода, потерянного ингибиторами при взаимодействии с активными радикалами. В качестве синергистов используют тиосоединения, фосфатиды (лецитин, кефалин), полифосфаты, аскорбиновую, щавелевую, молочную, лимонную кислоты, аминокислоты и некоторые другие вещества.

Из природных антиокислителей большое значение имеют токоферолы, лецитины, каротин, витамины А и К. Добавки этих

веществ в жиродержащие продукты позволяет не только увеличить продолжительность хранения последних, но и повысить биологическую ценность.

Большое значение имеют антиокислители, попадающие в продукт при его технологической обработке, в частности коптильные вещества с содержащимися в них антиокислителями, являющимися производными фенола.

Сильным антиокислительным действием обладают некоторые пряности — белый перец, мускатный орех, майоран и др. Антиокислители содержатся и в некоторых белковых препаратах (соевые изоляты, казеинат натрия и др.).

Жировая и водная фазы продуктов обуславливают интенсивность процесса окисления путем воздействия на активность нативных антиоксидантов, а также посредством межфазного распределения веществ, обладающих про- и антиоксидантной активностью. Явление, в соответствии с которым полярные антиоксиданты наиболее эффективны в маслах, а неполярные — в эмульсиях, называют «парадокс полярности». Антиокислительный механизм хелирования полярными антиоксидантами металлов переменной валентности в пищевых продуктах с высоким содержанием влаги является менее эффективным, чем в маслах.

Синтетические антиоксиданты целесообразно применять при изготовлении продуктов с длительными сроками хранения. Чаще всего используют бутилоксианизол (БОА) и бутилокситолуол (БОТ) в концентрациях 0,01...0,02 % к массе жира.

2.5. ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОЛИТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ЖИВОТНЫХ ЖИРОВ

Цвет, запах и вкус служат товарной характеристикой жира и, кроме того, позволяют судить о его качестве.

Прогоркание жира обычно сопровождается пожелтением, если он не окрашен, осаливанием — обесцвечиванием природной желтой окраски жира. Прогорклый жир характеризуется резким прогорклым запахом и вкусом, осалившийся — специфическим запахом.

Цвет жира определяют визуально или фотометрически. При визуальной оценке жир при 15...20 °С помещают на пластинку молочного стекла слоем толщиной около 5 мм, после чего определяют цвет и фиксируют его оттенки. В спорных случаях используют фотометрический метод.

Запах и вкус жира определяют органолептически при 15...20 °С, перемешивая его шпателем или стеклянной палочкой.

Консистенцию определяют при 15...20 °С, надавливая на исследуемый образец металлическим шпателем, и при этом устанавливают консистенцию: твердая, мазеобразная, жидкая.

Прозрачность жира определяют органолептическим методом. С этой целью в пробирку из бесцветного стекла с внутренним диаметром 15 мм и высотой 150 мм вносят жир (не менее половины объема пробирки), расплавляют на водяной бане при 60...70 °С и при дневном рассеянном проходящем свете фиксируют его прозрачность. При наличии в жире пузырьков воздуха пробирки выдерживают 2...3 мин, после чего определяют прозрачность. В спорных случаях прозрачность жира определяют фотоэлектродиметрическим методом.

2.5.1. Определение стойкости жира к окислению

С целью установления допустимого срока хранения жиров и возможности их транспортировки в отдаленные районы применяют ускоренные кинетические методы определения стойкости жира к окислению.

Метод основан на окислении жира при высокой температуре путем непрерывного пропускания воздуха через расплавленный жир. Глубину окисления устанавливают по пероксидному числу в пробах жира, периодически отбираемых из ячейки прибора.

Ход определения. 25 г жира, взвешенного с точностью до 0,0002 г, вносят в окислительную ячейку прибора (рис. 2.5).

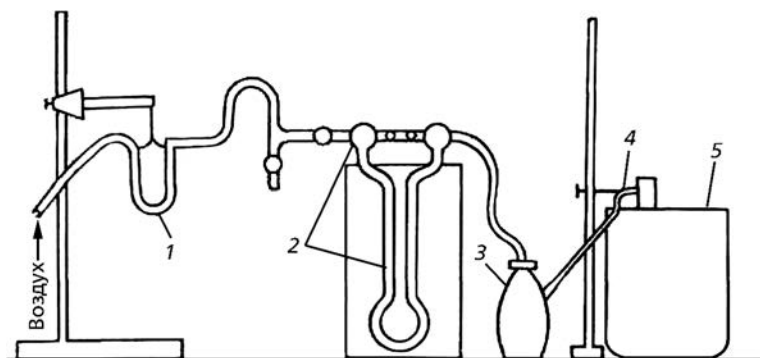


Рис. 2.5. Схема установки для ускоренного окисления жира:

1 — хлоркальциевая трубка; 2 — капиллярный реометр; 3 — предохранительная склянка; 4 — окислительная ячейка из термостойкого стекла; 5 — ультра-термостат

Ячейку закрепляют в штативе и погружают в жидкость ультра-термостата, предварительно нагретую до 100...110 °С для свиного жира и 110...120 °С для говяжьего. Сразу после погружения ячейки подают воздух со скоростью 7–8 л/ч.

До начала определения и через определенные фиксируемые промежутки времени (1, 2, 4, 5, 6, 7 ч) из ячейки градуированной пипеткой на 5 мл со срезанным концом отбирают пробы жира около 1 мл, а к концу окисления — около 0,5 мл в предварительно взвешенные конические колбы с притертыми пробками.

Пробы свиного или костного жира начинают отбирать через 20...30 мин после начала определения, говяжьего и бараньего — через 30...60 мин. В зависимости от устойчивости жира к окислению пробы жира из окислительной ячейки отбирают чаще или реже, увеличивая частоту отбора к концу индукционного периода в зависимости от величины пероксидного числа.

После охлаждения колбы с жиром взвешивают и по разности определяют массу пробы жира. В отобранных пробах определяют пероксидное число. Окисление жира заканчивают при пероксидном числе несколько более 0,1 % йода.

После окончания испытания окислительную ячейку промывают, заполняя ее ацетоном и погружая в стакан с горячей водой (около 60 °С). Ацетон в ячейке меняют 5–6 раз.

На основании полученных данных строят кинетическую кривую, характеризующую зависимость изменения пероксидных чисел от продолжительности окисления жира; по оси абсцисс откладывают продолжительность окисления жира, на оси ординат — величины пероксидных чисел.

Время достижения величины пероксидного числа, равное 0,1 % йода, характеризует стойкость жира к окислению. Это время находят из отрезка абсциссы, ограниченного началом координат и перпендикуляром, опущенный из точки кривой на уровне пероксидного числа, равного 0,1.

Предполагаемую стойкость жира к окислению при заданной температуре вычисляют по формуле

$$\tau_x = \tau_0 \cdot \frac{2,2^n}{24},$$

- где τ_x — стойкость жира к окислению;
 τ_0 — продолжительность окисления жира ускоренным кинетическим методом до пероксидного числа 0,1 % йода, ч;
2,2 — экспериментально установленная величина уменьшения скорости окисления животных жиров при понижении температуры на 10 °С;

$$n = t_{\text{оп}} - \frac{t_{\text{хр}}}{10},$$

где $t_{\text{оп}}$ — температура опыта, °С;
 $t_{\text{хр}}$ — температура хранения, °С.

2.5.2. Определение кислотного числа жира

Кислотное число является одним из основных показателей качества жиров. В процессе производства этот показатель характеризует глубину гидролитического распада жира, в процессе хранения — окислительную порчу (наряду с другими более характерными показателями).

Количество содержащихся в жире свободных жирных кислот влияет на температуру дымообразования жира, при которой начинает появляться чад. Чем больше содержится в жире свободных жирных кислот, тем ниже температура дымообразования.

Кислотное число является косвенным показателем условий сбора и подготовки жирсырья к выплавке, поскольку оно зависит от температуры жирсырья в этот период. Ограничение его стандартом стимулирует соблюдение нормальных условий сбора и хранения жирсырья.

Кислотное число выражается количеством миллиграммов едкого кали, необходимым для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира.

Метод определения кислотного числа основан на титровании эфирно-спиртового раствора жира водным раствором щелочи (едкого кали или едкого натра). Эфир в этой смеси служит растворителем жира, а этиловый спирт применяется для гомогенизации системы, образуемой водным раствором щелочи и жирам в процессе титрования. При отсутствии спирта реакция протекает в гетерогенной среде на поверхности раздела фаз и не может быть доведена до конца. Гомогенизация достигается благодаря тому, что спирт способен хорошо смешиваться и с водой, и с органическими растворителями.

Ход определения. Навеску жира около 5 г взвешивают в конической колбе емкостью около 250 мл. Жир расплавляют на водяной бане и приливают к нему 50 мл предварительно нейтрализованной смеси этилового эфира и этилового спирта (нейтрализуют смесь 0,1 н. раствором щелочи да очень слабой розовой окраски по фенолфталеину, добавляемому к смеси).

К раствору жира в эфирноспиртовой смеси добавляют 2–3 капли 1 %-ного раствора фенолфталеина в спирте и быстро

титруют его при постоянном взбалтывании 0,1 н. раствором щелочи до появления розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин (окраска исчезает вследствие поглощения углекислого газа из воздуха).

Если при смешивании жира с растворителем не происходит полного растворения жира или жир затвердевает в процессе титрования, смесь слегка нагревают на водяной бане.

Навеску жира можно уменьшить до 2...3 г, а количество нейтральной смеси — до 30 мл.

Кислотное число (КЧ), мг/г вычисляют по формуле

$$\text{КЧ} = \frac{5,61 \cdot V \cdot K}{c},$$

где 5,61 — титр 0,1 н. раствора едкого кали, мг/мл;

V — 0,1 н. раствора щелочи, израсходованной на титрование, мл;

C — навеска жира, г;

K — коэффициент поправки к нормальности раствора щелочи.

2.5.3. Определение перекисного числа

Одним из видов порчи жира является его окисление кислородом воздуха. Первичными продуктами окисления жира являются так называемые гидроперекиси, образуемые при температуре ниже 50 °С.

Небольшое количество перекисей может образовываться в процессе извлечения и очистки жира. Количества их тем больше, чем выше температура жира и больше длительность соприкосновения жира с воздухом. Однако если жир выплавляется из свежего жирсырья, количество перекисей в топленом жире всегда меньше того предельного их содержания, которое характеризует жир, как испорченный. Если же жир вытоплен из испорченного сырья, перекисное число может оказаться очень высоким; такой жир нельзя считать пригодным в пищу или для хранения.

Образовавшиеся перекиси в дальнейшем подвергаются сложным химическим превращениям, в результате которых в жире накапливаются продукты более глубокого распада: альдегиды, кетоны, низкомолекулярные кислоты, спирты. В числе этих продуктов встречаются вещества с неприятным запахом и вкусом, а также и токсичные.

О содержании перекисей в жире судят по перекисному числу, которое выражается числом граммов йода, выделяемого в кислую

среде из йодистого калия под действием перекисей, содержащихся в 100 г жира (% йода). Величина перекисного числа, таким образом, позволяет судить о свежести жира. При перекисном числе до 0,03...0,04 в жире еще не обнаруживается глубоких продуктов его окисления. Такой жир можно считать свежим. Большее перекисное число указывает на непригодность жира к длительному хранению, а в некоторых случаях — и на непригодность в пищу.

Методы определения перекисного числа основаны на окислении йодистоводородной кислоты перекисями, содержащимися в жире. Выделяющийся йод оттитровывают тиосульфатом.

Ход определения. Точную навеску жира (2...3 г) растворяют в 30...45 мл смеси, состоящей из равных объемов хлороформа и безводной уксусной кислоты, в колбе с притёртой пробкой. К полученному раствору прибавляют 1 мл насыщенного при комнатной температуре раствора йодистого калия. Колбу выдерживают в темном месте в течение 5 мин при периодическом встряхивании. Затем раствор разводят 100 мл дистиллированной воды и оттитровывают выделившийся йод 0,01 н. раствором тиосульфата до еле заметной желтой окраски. После этого добавляют 1 мл раствора крахмала и титрование продолжают до окрашивания раствора в синий цвет. Параллельно ставят контрольный опыт в идентичных условиях, но без жира.

Перекисное число ПЧ, % I₂, вычисляют по формуле

$$\text{ПЧ} = 0,001269 \cdot \frac{K \cdot (a - b) \cdot 100}{c},$$

где 0,001269 — количество йода, эквивалентное титру 0,01 н. раствора тиосульфата, г;

a — количество тиосульфата, израсходованное на титрование испытуемого раствора, мл;

b — количество тиосульфата, израсходованное на титрование контрольного раствора, мл;

c — навеска жира, г;

K — коэффициент поправки к нормальности раствора тиосульфата.

В зависимости от величины перекисного числа определяют степень свежести жира.

Перекисное число

До 0,03

От 0,03 до 0,06

От 0,06 до 0,1

Более 0,1

Степень свежести жира

Свежий

Свежий, но не подлежит хранению

Сомнительной свежести

Испорченный

2.5.4. Реакция на эпигидриновый альдегид

Неприятный (прогорклый) запах и вкус испорченного жира и его непригодность в пищу зависят главным образом от наличия в нем альдегидов и кетонов, образующихся наряду с другими веществами в результате более глубокого процесса окисления жиров. Реакции на альдегиды и кетоны позволяют установить их присутствие раньше, чем они обнаруживаются органолептически. К числу таких реакций относится и реакция на эпигидриновый альдегид.

Эпигидриновый альдегид содержится в испорченных жирах в преобразованной форме, по-видимому, в виде ацетала. При действии соляной кислоты он освобождается. Эпигидриновый альдегид вступает в реакцию конденсации с многоатомными фенолами, образуя окрашенные соединения.

В качестве реактивов применяют спиртовые или эфирные растворы флороглюцина (красное окрашивание), резорцина (красное окрашивание), пирогаллола (зеленое окрашивание).

Ход определения. 2...3 г расплавленного жира в пробирке встряхивают с равным объемом концентрированной соляной кислоты. После охлаждения добавляют 2 мл реактива. Если жир испорчен, нижний слой окрашивается в зависимости от реактива в розово-красный или зеленый цвет.

2.5.5. Определение свежести жира по реакции с нейтральным красным

Метод основан на определении окраски жира, возникающей при его смешивании с красителем нейтральным красным.

Ход определения. 0,5...1 г топленого жира растирают в фарфоровой ступке в течение 1 мин со свежеприготовленным 0,01 %-ным раствором нейтрального красного. Затем раствор нейтрального красного сливают и визуально определяют цвет жира. В зависимости от приобретенной жиром окраски свежесть жира определяют по табл. 2.8.

Таблица 2.8

Жир	Окраска	Свежесть жира
Свиной и бараний	От желтой с зеленоватым оттенком до желтой	Свежий
	От темно-желтой до коричневой	Свежий, не подлежит хранению
	От коричневой до розовой	Сомнительной свежести
	От розовой до красной	Испорченный

Жир	Окраска	Свежесть жира
Говяжий	От темно-желтой до коричневой	Свежий
	От коричневой до коричнево-розовой	Свежий, не подлежит хранению
	От коричнево-розовой до розовой	Сомнительной свежести
	От розовой до красной	Испорченный

Контрольные вопросы к разделу 2

1. Что такое автолиз? Перечислите и охарактеризуйте основные его этапы.
2. В чем состоят особенности протекания автолитических процессов в мясе убойных животных, птицы и рыб?
3. Дайте характеристику молекулярного механизма мышечного сокращения и расслабления.
4. Какова роль ферментов в развитии автолиза?
5. Что такое катепсины?
6. Как можно выделить и определить активность катепсинов?
7. Какие внешние факторы влияют на активность катепсинов?
8. Какова динамика изменения биохимических и функциональных свойств при созревании мяса и его последующем хранении?
9. С помощью каких методов можно оценить глубину протекания автолитических процессов в сырье животного происхождения?
10. Как практически оценить технологическую пригодность мяса, используя методы биохимического анализа?
11. Охарактеризуйте автолитические изменения жировой ткани.
12. Дайте характеристику гидролитических изменений липидов мяса.
13. Перечислите основные положения теории автоокисления липидов.
14. Что такое автокаталитическое прогоркание липидов?
15. Роль гидролитических и окислительных изменений липидов в формировании качества и технологической пригодности мясного сырья.
16. Кислотное число жира и принципы его определения.
17. Перекисное число и методы его определения в пищевых жирах.
18. Что понимают под свежестью жиров?

РАЗДЕЛ 3. ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ХРАНЕНИИ В УСЛОВИЯХ ОХЛАЖДЕНИЯ

3.1. ПОРЧА МЯСА

Под порчей мяса понимают изменения, происходящие в нем в процессе хранения, связанные с ухудшением его качества — вкуса, запаха, цвета и консистенции.

3.1.1. Гниение мяса

Гниением называется процесс разложения белковых веществ, вызываемый микроорганизмами.

При длительном хранении мяса при положительных температурах в нем развиваются процессы, протекающие с участием нативных ферментов и ферментов гнилостных микроорганизмов, размножающихся на такой прекрасной питательной среде, как мясо.

При благоприятных температурных условиях и влажности среды микроорганизмы развиваются исключительно быстро, так что действие ферментов микроорганизмов значительно опережает автолиз, вследствие чего мясо подвергается гниению.

Клетки микроорганизмов непроницаемы для белков, так как белки являются высокомолекулярными коллоидными веществами, неспособными диффундировать через клеточные мембраны. Микроорганизмы усваивают продукты распада белков, образующихся под воздействием выделяемых ферментов. Таким образом, продукты гниения белковых веществ образуются в процессе жизнедеятельности микроорганизмов.

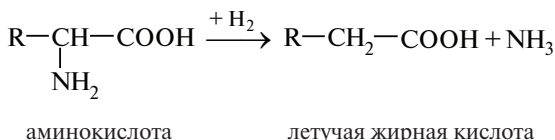
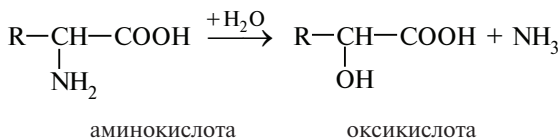
В процессе гниения участвует большое число разнообразных микроорганизмов. Общий биохимический характер этих процессов довольно постоянен; детали изменяются в зависимости от вида микрофлоры, внешних условий, состава и свойств разлагающихся белков. В зависимости от состава белков продукты гниения будут различны. Легче поддаются действию микроорганизмов растворимые белки — белки крови и белки яиц.

Например, при гниении мяса или крови в результате распада белков образуются полипептиды, которые быстро подвергаются дальнейшим изменениям. В результате распада белков происходит образование промежуточных веществ и конечных продуктов распада: аммиака, сероводорода, скатола, индола, крезола, фенола, меркаптанов и т. д. Постепенно и непрерывно накапливаются летучие жирные кислоты.

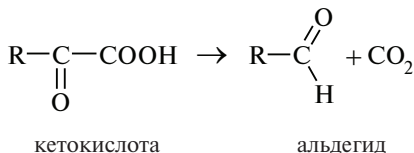
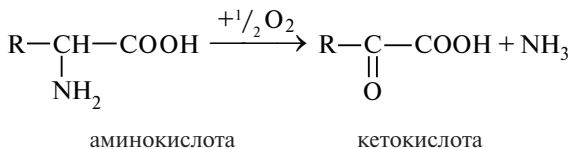
Гниение может происходить при доступе кислорода (аэробное) и в отсутствии кислорода (анаэробное). В анаэробных условиях образуется больше дурно пахнущих продуктов гниения.

Химические реакции, протекающие при гниении, весьма многообразны. Ниже приведены пути образования некоторых главных продуктов гниения.

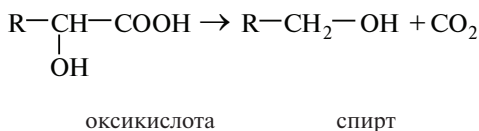
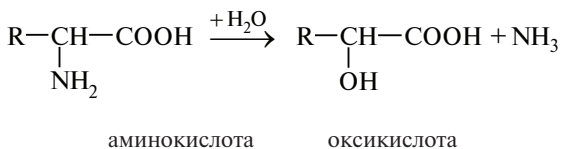
Аммиак и оксикислоты образуются при гидролитическом дезаминировании под действием ферментов микроорганизмов:



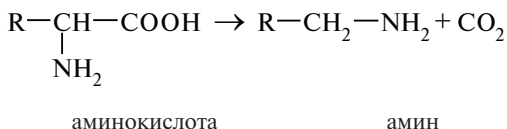
Аммиак и кетокислоты образуются при окислительном дезаминировании; при этом кетокислоты под действием ферментов микроорганизмов карбоксилаз превращаются в альдегиды и углекислый газ:



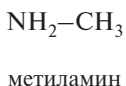
Аммиак, спирт и углекислый газ образуются при гидролитическом дезаминировании с одновременным декарбоксилированием:



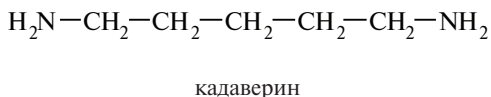
Амины образуются в результате декарбоксилирования, протекающего при участии ферментов микроорганизмов — карбоксилаз:



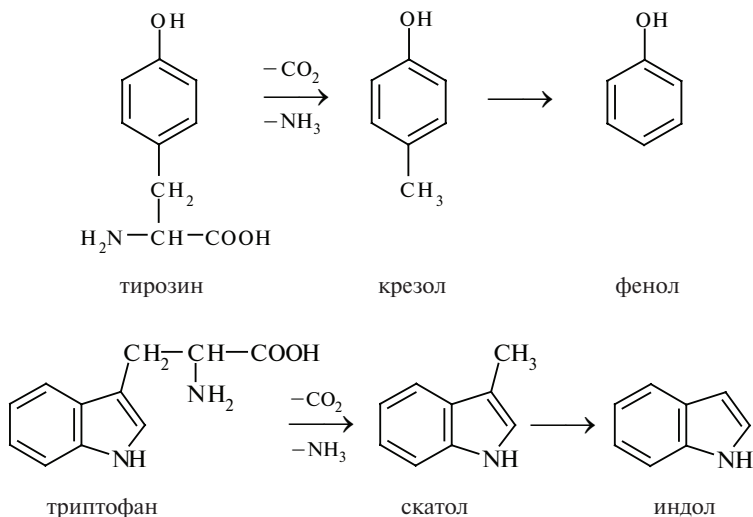
Простейшим амином является метиламин, образующийся из глицина:



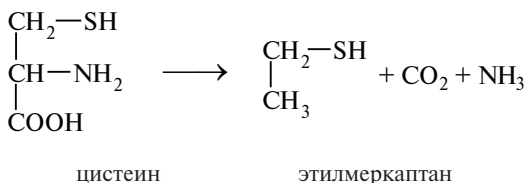
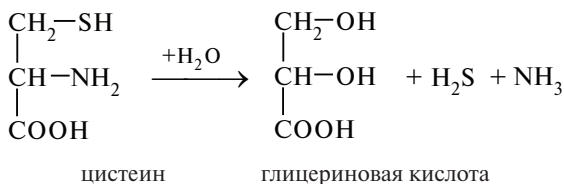
Из лизина образуется кадаверин (1,5-диаминопентан), а из гистидина — гистамин. Кадаверин токсичен.



Из аминокислот тирозина и триптофана в результате дезаминирования и декарбоксилирования образуются *крезол*, *фенол*, *скатол*, *индол*, а также *аммиак* и *углекислый газ*:



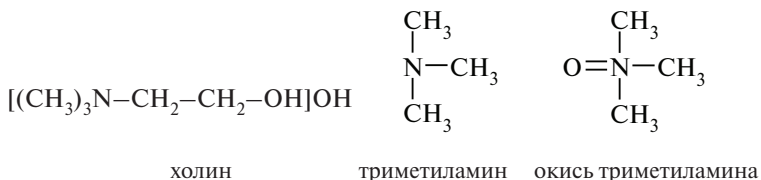
В процессе гниения из аминокислот, содержащих серу, выделяются сероводород и аммиак и образуются *меркаптаны*:



Липиды в протоплазме клеток мышечной и других тканей содержатся большей частью в виде липопротеидов.

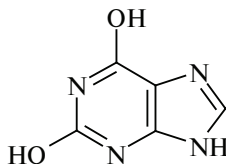
При гниении от липопротеидов прежде всего отщепляется липидная часть. Составной частью лецитина, содержащегося в мясе,

мозге, яичном желтке, является холин, который в процессе гниения превращается в *триметиламин*, *диметиламин* и *метиламин*. При окислении триметиламина образуется *окись триметиламина*, имеющая рыбный запах:



Из холина при гниении может образоваться также ядовитое вещество *нейрин*.

Нуклеопротеиды при гниении разлагаются на белок и нуклеиновую кислоту, которая затем распадается на составные части. Образуются *гипоксантин* и *ксантин* — продукты разложения нуклеопротеидов:



ксантин

Таким образом, характерными продуктами гниения мяса являются аммиак, углекислый газ, сероводород, летучие жирные кислоты, фенол, крезол, индол, скатол, амины, триметиламин, альдегиды, спирты и т. д. Все эти продукты обнаруживаются химически. Проще всего обнаружить аммиак, сероводород, летучие жирные кислоты, углекислый газ, которые, являясь конечными продуктами гниения, накапливаются в тех или иных количествах в зависимости от глубины гнилостного распада. Эти вещества образуются на ранних стадиях; индол, скатол, фенол, крезол — на глубоких стадиях порчи.

Гнилостные микроорганизмы широко распространены в природе. При наличии условий для их размножения, гниение наступает очень быстро. Поэтому в процессе технологической переработки крови, желатина, эндокринного сырья, мяса и мясопродуктов используют приемы холодильного консервирования или применяют химические консервирующие средства.

В диапазоне от 10 до 3 °С рост патогенных микроорганизмов замедляется, а при температуре ниже 3 °С приостанавливается. Рост

мезофильных и термофильных микроорганизмов сильно задерживается. В диапазоне от 0 до -15°C хорошо развиваются только психрофильные микроорганизмы. Размножение психрофильной аэробной микрофлоры может быть основной причиной порчи охлажденного мяса. Она резко ухудшает его органолептические показатели, некоторые продукты ее жизнедеятельности токсичны.

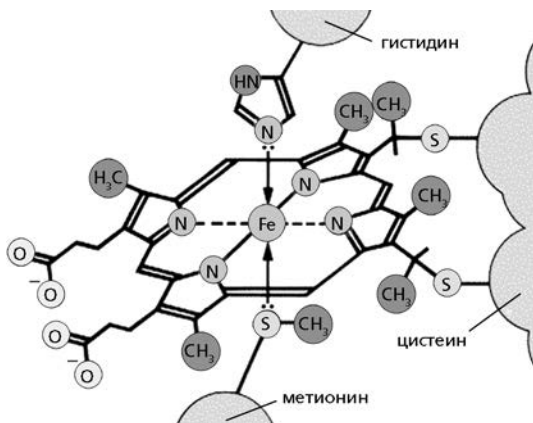
Снижение активности микрофлоры связано, с одной стороны, с нарушением согласованности метаболических реакций в микробной клетке, а с другой, — снижением проницаемости цитоплазмы микробных клеток под влиянием холода. Степень торможения роста микрофлоры тем больше, чем ближе температура продукта к точке замерзания тканевой жидкости.

При охлаждении и последующем хранении мяса развитие микробиологических процессов зависит от первоначальной обсемененности, качественного состава микрофлоры, величины рН мяса, содержания влаги в поверхностных слоях и ее активности.

3.1.2. Окисление мяса

Контакт с воздухом в процессе охлаждения сопровождается развитием окислительных изменений компонентов мяса.

При охлаждении и последующем хранении происходит обесцвечивание мяса и мясопродуктов в результате окисления пигментов мышечной ткани — миоглобина и крови — гемоглобина. Миоглобин с кислородом воздуха образует оксимиоглобин, придающий мясу яркую окраску. Процесс дальнейшего окисления связан с изменениями валентности железа. При этом миоглобин превращается в метмиоглобин и мясо темнеет.



Строение гемового комплекса

Цвет поверхности охлажденного мяса, преимущественно зависит от соотношения оксимиоглобина и метмиоглобина, тогда как цвет внутренних его слоев определяется содержанием миоглобина. Скорость образования метмиоглобина зависит от изменения парциального давления кислорода и образования других форм миоглобина. С повышением парциального давления кислорода увеличивается количество оксимиоглобина, что сдерживает окисление миоглобина до метмиоглобина. Причиной этого является низкая скорость окисления образующегося оксимиоглобина до метмиоглобина, по сравнению с миоглобином. Напротив, при понижении парциального давления кислорода оксимиоглобин отдает кислород и образует миоглобин, который, в свою очередь, легко окисляется в метмиоглобин ($Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$).

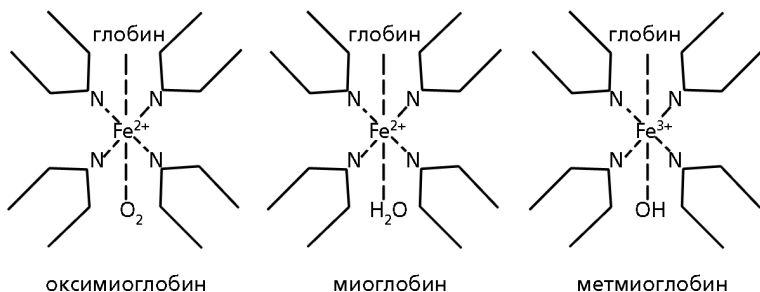


Схема строения различных форм миоглобина

Максимальная скорость образования метмиоглобина отмечается при парциальном давлении кислорода около 5,69 кПа. Ниже и выше этого значения скорость образования метмиоглобина убывает. Образование оксимиоглобина в мясе зависит от скорости и глубины диффузии кислорода в мышечную ткань. Таким образом, изменение цвета мяса при хранении обусловлено, прежде всего, окислением миоглобина.

В мышечной и жировой ткани рыб и убойных животных присутствует фермент липоксигеназа. Этот фермент катализирует реакцию между полиненасыщенными жирными кислотами и кислородом с образованием гидропероксидов. В образовании из гидропероксидов летучих спиртов и карбонильных соединений в ходе хранения также могут принимать участие и другие тканевые ферменты.

Контакт жировой ткани с кислородом воздуха приводит к ее окислению с накоплением вредных для здоровья человека веществ.

Поскольку некоторые изменения в жировой ткани регулируются гормонами, то физиологическое состояние и степень упитанности животного перед забоем влияет на качество получаемого мяса и его стабильность при холодильном хранении. Включение витамина Е в кормовые рационы препятствует развитию окислительных реакций при холодильном хранении мяса и повышает его пищевую ценность.

В процессе длительного холодильного хранения, когда источниками ферментов являются микроорганизмы, процессы разрушения жировой ткани протекают более глубоко. При этом пищевая ценность мяса понижается, а органолептические показатели ухудшаются.

3.1.3. Загар мяса

Под загаром понимается своеобразная порча мяса, возникающая при неправильном хранении туш в течение первых суток с момента убоя.

После убоя в течение первых 20...30 мин наблюдается повышение температуры тела животного в пределах 0,9...2 °С, обусловленное процессами расщепления богатых энергией связей АТФ, креатинфосфорной кислоты и других фосфорных соединений. Освобождающаяся энергия выделяется в виде тепла.

Повышение температуры тела животного после убоя может быть связано с явлением загара. Загар обычно наблюдается у туш большой массы, для которых температура после убоя повышается наиболее интенсивно. Это просходит в тех случаях, когда затруднены нормальное охлаждение мяса и свободная циркуляция воздуха. Например, когда неостывшие туши или их части, укладывают плотно или когда жирное горячее парное мясо быстро замораживают, а также в тех случаях, когда обесшкуривание было произведено не сразу.

Загар чаще всего наблюдается в крупных жирных тушах или в свинине с толстым слоем поверхностного жира, так как жир, являясь плохим проводником тепла, снижает скорость охлаждения и затрудняет диффузию газов, образующихся в клетках тканей.

При загаре в некоторых участках туши появляется специфический неприятный запах, изменяется окраска и консистенция мяса. Чаще всего этот вид порчи обнаруживается в глубине, около костей.

В настоящее время загар мяса считается ферментативным, автолитическим процессом, совершенно не связанным с его бактериальной порчей. Загар препятствует нормальному протеканию процессов гликолиза. Ферментативные реакции идут иным путем с образованием сероводорода, масляной кислоты и других

веществ, обладающих резким запахом. Миоглобин претерпевает значительные превращения с образованием пигментов, изменяющих нормальную окраску мяса.

3.2. ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ОХЛАЖДЕННОГО МЯСА ПРИ ХРАНЕНИИ

К морфологическим изменениям охлажденного мяса можно отнести появление поперечных рваных трещин, которые в парном мясе почти не встречаются. Трещины обнаруживаются в сильно сокращенных волокнах, в местах бывших узлов сокращения или по соседству с ними. Возможно, что в охлажденном мясе эти поперечные трещины образуются в связи с перенапряжением некоторых волокон. Большой частью они возникают в период посмертного окоченения, когда большинство мышечных волокон находится в сильно сокращенном состоянии. По мере созревания мяса количество трещин в мышечных волокнах продолжает увеличиваться, отмечаются фрагментация и деструкция миофибрилл. В охлажденном мясе встречаются также узлы сокращения. Они сохраняют ту же форму, что и в парном мясе, но их становится меньше. Постепенное уменьшение количества узлов сокращения указывает на возможность обратимости процесса их формирования, при котором часть из них выходит из состояния сильного сокращения и их структура приобретает вид расслабленного мышечного волокна.

В охлажденном в течение 3 сут мясе все прослойки рыхлой соединительной ткани как в эндомизии, так и в перимизии становятся более плотными и сжатыми.

В результате развития ферментативных процессов физиологический аппарат субмикроскопического сокращения, т. е. тонкая структура актомиозинового комплекса, разрушается. Следовательно, с морфологической точки зрения, наряду с биохимическими показателями, начало процесса созревания в охлажденном мясе обусловлено нарушением субмикроскопического аппарата сокращения. Оно сопровождается процессом возникновения сокращения и расслабления мышечных волокон разных степеней, образованием узлов сокращений, поперечных разрывов по узлам и продольных разъединений волокон.

При хранении охлажденного мяса большое значение имеет образование корочки подсыхания в поверхностных слоях туши и отрубов в связи с замедлением развития микрофлоры и прекращением ее проникновения в толщу мяса.

Уже через 1 сут хранения мышечные волокна в охлажденных полутушах в значительной степени теряют свою гофрированность. В результате автолиза сокращенные волокна несколько

расслабляются и распрямляются. Эти изменения касаются одного двух слоев поверхностно расположенных волокон. Через 4...5 сут хранения уже до 6...10 поверхностно располагающихся слоев волокон вовлекается в процесс подсыхания. Диаметр поверхностно расположенных волокон уменьшается вследствие значительно большей потери ими воды по сравнению с волокнами, располагающимися на глубине. Ядра в подсыхающих поверхностных волокнах отличаются от ядер глуболежащих волокон большей уплотненностью и пикнотичностью. Они короче и тоньше обычных ядер. На 7-е сутки изменения в поверхностном слое охлажденного мяса еще более выражены. Корочка подсыхания представляет собой достаточно толстый слой уплотненных мышечных волокон (от 10 до 17 волокон). Поперечная исчерченность в поверхностных волокнах выражена значительно слабее, в некоторых местах она вовсе не обнаруживается, в то время как в волокнах глубоких слоев выявляется четко.

Таким образом, поверхностные слои мышечной ткани в процессе хранения охлажденного мяса имеют тенденцию к обезвоживанию и уплотнению. Это способствует образованию четко выраженной корочки подсыхания, которая предохраняет слои охлажденного мяса, лежащие в глубине, от высыхания и порчи. Состояние корочки подсыхания учитывается при определении доброкачественности мяса гистологическим методом.

На продолжительность хранения охлажденного мяса большое влияние оказывают колебания температуры. Даже незначительные температурные колебания достаточны для достижения точки росы, вследствие чего поверхность мяса увлажняется, что приводит к ликвидации корочки подсыхания.

3.3. ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ЯЙЦЕПРОДУКТОВ ПРИ ХРАНЕНИИ В УСЛОВИЯХ ОХЛАЖДЕНИЯ

Яйца куриные — скоропортящийся продукт. Содержимое их является отличной средой для жизнедеятельности микроорганизмов. При благоприятных для них условиях (повышенной температуре и влажности воздуха) они вызывают гнилостные процессы, в результате чего полностью утрачивается питательная ценность яйца. Оптимальные условия для хранения куриных яиц создаются при охлаждении их до температуры, близкой к точке замерзания продукта. Однако качество яиц при длительном хранении и в таких условиях значительно изменяется.

3.3.1. Строение и состав куриного яйца

Сохранение качества куриного яйца обусловлено особенностями строения (рис. 3.1) и химического состава (табл. 3.1).

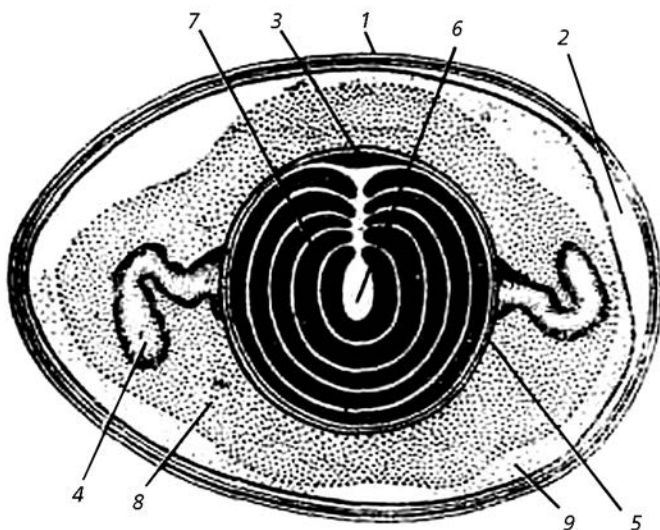


Рис. 3.1. Внутреннее строение яйца:

1 — скорлупа с подскорлупной оболочкой; 2 — воздушная камера; 3 — зародышевый диск; 4 — халазы (градинки); 5 — желточная оболочка; 6 — белый желток; 7 — желтый желток; 8 — плотный белок; 9 — жидкий белок

Таблица 3.1

Химический состав куриного яйца

Составные части	Содержание, %				
	воды	белка (N·6,25)	жира	углеводов	неорганических соединений
Целое яйцо	73,5	12,6	10,9	1,0	0,8
Белок	87,9	10,6	Следы	0,9	0,6
Желток	48,2	16,4	32,7	1,0	1,1
Скорлупа	1,6	3,3	Следы	—	95,1

К моменту кладки яйца зародыш уже имеет форму многоклеточной пластинки, распластанной на поверхности желтка (зародышевый диск). После снесения яйца обычно развитие зародыша прекращается, так как он попадает в условия относительно низкой температуры по сравнению с температурой тела птицы. Он остается жизнеспособным в течение 2–3 недель и при подходящих условиях может продолжать свое развитие. В только что снесенном яйце желток расположен почти в центре полости скорлупы яйца. Поверх оболочки желток окружен со всех сторон слоем белковой оболочки. Внутри белковой оболочки желток оказывается подвешенным с помощью двух плотно скрученных белковых тяжей — халаз.

Желток имеет сложное слоистое строение. Центральная часть его представляет собой шарик из белого желтка, от которого идет трубочка к зародышу. Вокруг шарика располагаются слои желтого и белого желтка. Желток окружен слоями жидкого, затем плотного и, наконец, опять жидкого белка. Белок покрыт двойной оболочкой, поверх которой образуется скорлупа.

Непосредственно после снесения на тупом конце яйца внутренняя двойная оболочка, окружающая белок, раздваивается и заполняется воздухом; образуется воздушная камера — пуга. Это происходит вследствие разницы температуры тела курицы и температуры окружающего воздуха. Объем содержимого яйца сокращается, а скорлупа не изменяется. Высота пуги только что снесенных яиц равна 0,10...0,32 мм, а по прошествии недели в обычных условиях — не более 2...3 мм.

Толщина скорлупы колеблется от 0,2 до 0,4 мм. Яйцо весит 40–60 г, реже 70 г.

Химический состав яиц колеблется в зависимости от вида, породы, возраста птицы, корма, времени снесения яйца и т. д. Среднее соотношение между составными частями яиц: скорлупа 12 %, белок 58 % и желток 30 %.

В основной химический состав целого яйца, включая скорлупу, входят вода, белок, жир, углеводы, неорганические или минеральные вещества, витамины, пигменты. Содержание сухих веществ в белке куриных яиц варьирует от 8,5 до 14,5 %, в желтке — от 50,5 до 54,5 %, но в среднем процентное содержание воды, белка, жира, углеводов и минеральных веществ в содержимом куриных яиц приближается к значениям, показанным в табл. 3.1.

Химический состав яиц кур и индеек очень близок. Яйца гусей и уток отличаются от них меньшим содержанием воды и большим количеством липидов. Например, в яйце утки содержится 70,8 % воды и 14,3 % липидов.

В белке яйца, выполняющем в первую очередь защитную функцию, содержатся растворимые белки, образующие в свежем

яйце структурированную вязкую гелеобразную жидкость. В состав яичного белка входят простые белки: овальбумин (75 % всей массы яичного белка), овокональбумин (3 %), овоглобулин (2 %) и сложные белки-гликопротеиды (мукопротеиды): овомукоид и овомуцин (7 %), в состав которых входят углеводные компоненты. В состав желтка, функцией которого является образование нового живого организма, входят сложные белки-фосфопротеиды: вителлин, ливетин и фосфофитин.

Хотя в состав яйца входят белки, выполняющие защитные функции (коллаген, кератин), т. е. не имеющие высокой биологической ценности, содержание этих белков в общем белковом составе не превышает нескольких процентов, так что они не оказывают существенного влияния на биологическую ценность яиц. В белке яйца содержатся все незаменимые аминокислоты в составе, оптимальном для развития живого организма (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Аминокислотный состав яичного белка

Аминокислота	Содержание (% к белку)						
	в целом яйце	в яичном альбумине	в кональбу- мине	в овому- коиде	в липови- теллине	в ливетине	в лизоциме
Валин	7,3	7,1	8,2	6,0	6,2	9,8	4,0
Лейцин	9,2	9,2	8,8	5,1	8,6	10,6	4,0
Изолейцин	8,0	7,0	5,0	1,4	5,3	—	3,6
Фенилаланин	6,3	7,7	5,7	2,9	4,0	3,0	1,1
Тирозин	4,5	3,7	4,6	3,2	3,8	5,2–1,5	1,6
Триптофан	1,5	1,2	3,0	0,0	1,1	—	6,2
Треонин	4,9	4,0	5,9	5,5	4,7	3,1	5,3
Цистин	2,4	0,5	3,8	6,7	1,5	2,4	5,0
Метионин	4,1	5,2	2,0	1,0	2,8	5,8	1,2
Аргинин	6,4	5,7	7,6	3,7	8,4	1,2	25,6
Гистидин	2,1	2,4	2,6	2,2	3,0	6,0	1,5
Лизин	7,2	6,3	10,0	6,0	6,9	3,1	6,2
Аспарагиновая кислота	—	9,3	13,3	13,0	8,1	—	6,7
Глутаминовая кислота	—	16,5	11,9	6,5	11,0	7,0	1,7

Содержание углеводов в яйце невелико — около 1 %. Однако их присутствие влияет на технологические свойства яичных продуктов, резко уменьшая способность длительного хранения яичного порошка и особенно сухого белка.

Липиды яйца сосредоточены практически только в желтке, в белке и оболочках яйца их менее 1 %. В состав желтка входят простые липиды или жиры, содержание которых составляет

около $\frac{2}{3}$ всех липидов, и сложные липиды или жироподобные соединения, в основном фосфолипиды. В большом количестве в желтке содержатся стеролы, в основном холестерол. Более 60 % жирных кислот, входящих в состав липидов яйца, являются ненасыщенными, что определяет низкую температуру плавления жира. Примерный состав жирных кислот в курином яйце, %: насыщенных — 38,1; мононенасыщенных — 48,1; полиненасыщенных — 13,8.

3.3.2. Изменения куриного яйца при хранении

Во время хранения куриных яиц происходит процесс их старения, сопровождающийся различными физико-химическими реакциями, в результате которых возникают глубокие качественные изменения яиц. Основным физическим изменением яиц является усушка их содержимого за счет испарения влаги. Проницаемость скорлупы яиц для воздуха одинакова как изнутри, так и снаружи, вода же всасывается внутрь яйца почти в два раза медленнее, чем испаряется. Биохимические изменения, протекающие в яйце в период хранения, тесно связаны с потерей влаги, вследствие чего происходит перераспределение воды между желтком и белком и разжижение плотной фракции белка. При этом ослабевают градинки (халазы) и теряют способность удерживать желток в центре яйца. Так как плотность желтка меньше плотности белка, то он всплывает на поверхность и, если яйцо долго остается в неизменном положении, присыхает к подскорлупной оболочке.

По мере старения куриных яиц желток претерпевает значительные качественные изменения. Его оболочка становится более проницаемой, и вода белка в силу разницы осмотического давления между белком и желтком переходит в желток, унося с собой некоторое количество минеральных солей. В результате перемещения воды и солей из белка в желток значительно изменяются их физико-химические свойства как коллоидных систем. Происходит увеличение объема желтка, расширение и утончение желточной оболочки, в результате чего она теряет эластичность. Исследованиями установлено, что при увеличении объема желтка примерно на 20 % оболочка разрывается. Процесс старения яиц можно сравнивать с автолизом в тканях, который протекает под действием автолитических ферментов. Автолиз ведет к расщеплению белков яйца с образованием растворимых продуктов распада, изменению вкуса и запаха продукта.

Белок свежеяйца имеет нейтральную реакцию, но под воздействием различных факторов быстро изменяется.

Уже в первую неделю хранения в обычных условиях реакция среды яйца становится слабо щелочной, затем щелочной.

В процессе хранения яиц на холодильниках щелочная и слабощелочная реакция белка может стать кислой вследствие того, что под воздействием ферментов и микроорганизмов из основного протеина яичного белка альбумина образуются альбумозы и пептоны, которые имеют кислую реакцию. Это нежелательное изменение в куриных яйцах может быть сведено к минимуму путем понижения температуры хранения до близкриоскопической.

Во время холодильного хранения яиц в их содержимом вследствие распада альбумина и жира желтка накапливаются свободные фосфатиды и увеличивается количество аммиачного азота (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Динамика аммиачного азота при холодильном хранении куриных яиц

Время снесения яиц	Содержание аммиачного азота в яйце, мг %		
	в начале хранения	через 6 месяцев	через 9 месяцев
Апрель	1,8	2,7	2,8
Май	2,1	2,8	3,2
Июнь	2,6	3,2	4,0
Июль	2,2	2,6	3,1

Хранение яиц в переохлажденном состоянии заслуживает особого внимания, так как понижение против обычной температуры (от -1 до $-1,5$ °С) дает возможность поддерживать более высокую влажность, увеличить вязкость белка и желтка. Все это способствует предохранению куриных яиц от тех нежелательных изменений, которые обычно происходят при хранении.

Гниение яиц — это процесс разложения яичного белка протеолитическими ферментами микробов. Различают *зеленую гниль*, которая появляется в результате проникновения в яйцо псевдомонад (*Ps. fluorescens* и др.), образующих зеленый пигмент, придающий окраску содержимому яйца. *Черная гниль* появляется при размножении *Proteus vulgaris* и некоторых видов *Pseudomonas*. Содержимое яйца разжижается и приобретает коричневый или черный оттенок. Образующиеся газы разрывают скорлупу и содержимое яиц выливается наружу. *Смешанная гниль* — вызывается *E. coli*, *Staphylococcus aureus* и другими микробами. При смешанной гнили изменяется консистенция и цвет белка. Чаще всего он становится серым и издает гнилостный запах.

Плесневение яиц вызывают плесневые грибы и актиномицеты, попадающие на поверхность скорлупы из почвы и загрязненных предметов. При низких плюсовых температурах и повышенной влажности споры грибов прорастают и проникают в поры скорлупы и затем в подскорлуповую оболочку. Наиболее благоприятные условия для спор грибов вблизи воздушной камеры, затем гифы грибов пронизывают белок и разжижают его с помощью своих ферментов. В яйцах чаще обнаруживают плесневые грибы родов *Penicillius*, *Aspergillus*, *Cladosporium*. В тех местах, где развивается плесень, гнилостная микрофлора обычно отсутствует.

Инфекции, передающиеся через яйцо. Яйца, особенно водоплавающих птиц, часто служат источником заражения сальмонеллезом и туберкулезом. Наибольшую опасность среди сальмонелл представляет *Salm. typhimurium*, но и другие виды могут вызывать пищевые отравления. Заражение яиц сальмонеллами происходит как эндогенным, так и экзогенным путем. Попадая внутрь яйца сальмонеллы беспрепятственно размножаются там, так как лизоцим на них не действует. Наиболее благоприятная часть яйца для развития сальмонелл — желток. Кроме сальмонелл в яйца могут проникать холерный вибрион, туберкулезная палочка и др.

Для полного уничтожения сальмонелл, возбудителей туберкулеза и других инфекций рекомендуется выдерживать яйца в кипящей воде 14–15 мин.

Хранение яиц длительное время даже при отсутствии в них микробов приводит к изменению качества яиц. Белок разжижается, желток становится подвижным. Если яйцо хранится рядом с пахучими веществами, то оно приобретает запах окружающей среды, воздушная камера яйца при этом увеличивается.

Белки частично расщепляются, количество фосфора и других веществ снижается. Для предотвращения порчи яиц их хранят в холодильнике при температуре 2...2,5 °С и влажности 85 %. Такой режим задерживает развитие микробов и усыхание яиц. Яйца, имеющие пороки хранятся плохо. Установить качество яиц можно овоскопией. Свежие яйца хорошо пропускают свет, а старые имеют более темные белок и желток и увеличенную воздушную камеру.

3.3.3. Продукты переработки яиц

Яйца, предназначенные для длительного хранения, консервируют. Консервируют только свежие, доброкачественные яйца. Существуют физические и химические способы консервирования яиц. К физическим способам относятся высушивание и замораживание.

Высушивание яичной массы проводят путем распыления в дисковых сушилках. В полученном яичном порошке содержится 5–9 % воды. В таких условиях развитие микробов не происходит, но они длительное время могут оставаться жизнеспособными. В яичном порошке могут быть как сапрофитные, так и патогенные микробы. Например, сальмонеллы, если они попадают в яичный порошок, могут сохраняться в нем в течение 4–9 мес.

При высушивании необходимо сохранить физико-химические свойства продукта, особенно его растворимость. Поэтому надо вести процесс сушки при температуре, не вызывающей заметной денатурации белка, т. е. не выше температуры 52...60 °С. Денатурация белков в процессе сушки зависит от реакции среды. Наименьшая возможность коагуляции белков при рН 7.

Средний химический состав яичного порошка следующий: 6,4 % воды, 43,2 % белка; 5,8 % остаточного азота; 40,9 % липидов; 3,6 % золы.

С повышением температуры хранения растворимость яичного порошка уменьшается, что связано с денатурацией яичных белков.

Хранят яичный порошок при температуре не выше 15 °С.

При длительном хранении яичного порошка появляются признаки окислительной порчи липидов. Кроме прогоркания часто обнаруживается рыбный запах, который обусловлен продуктами распада лецитина.

Холин, образующийся при распаде лецитина, превращается в триметиламин, который при дальнейшем окислении переходит в окись триметиламина, имеющую рыбный запах.

Развитию окислительных процессов способствует свет. Порча, начавшаяся под действием света, в силу цепного механизма реакции продолжается и в темноте.

Яичный порошок хранят в специальной упаковке. Герметичная упаковка яичного порошка, особенно под вакуумом, способствует повышению его стойкости при хранении.

Замораживание. Белок и желток смешивают, фильтруют, разливают в жестяные банки, запаивают и замораживают. Полученную замороженную смесь хранят при температуре –5...–10 °С. В меланже могут содержаться *E. coli*, *Proteus vulgaris*, *Bac. mesentericus*, споры плесеней и дрожжи, попавшие из окружающей среды. В процессе хранения при низких температурах часть микробов погибает, а оставшиеся в живых после размораживания интенсивно размножаются. Среди оставшихся жизнеспособных микробов могут быть сальмонеллы. Поэтому перед консервированием поверхность яйца очищают от загрязнений и дезинфицируют.

Меланж содержит около 75 % воды, 10 % жира, 10 % белков. рН меланжа должен составлять не ниже 7.

В процессе замораживания и хранения яиц происходит потеря растворимости липовителлина. Причем при температуре ниже $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ растворимость его теряется с заметной скоростью; при $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ он полностью становится нерастворимым в течение трех месяцев.

Размороженный меланж нужно использовать в течение нескольких часов, иначе он испортится.

3.4. ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА И СВОЙСТВ СЛИВОЧНОГО МАСЛА ПРИ ХРАНЕНИИ В УСЛОВИЯХ ОХЛАЖДЕНИЯ

Основой химического состава сливочного масла являются липиды — смесь триглицеридов, в состав которых входят небольшое количество фосфолипидов и стероидов, продукты неполного гидролиза липидов ди-, моноглицериды и свободные жирные кислоты.

Жирнокислотный состав масла зависит от состава используемого сырья, периода года, других факторов и в свою очередь обуславливает изменение его физико-химических свойств при холодильном хранении. Общее содержание липидов в масле зависит от наличия в нем молочного жира, с увеличением молочной плазмы их количество уменьшается.

Химический состав масла сказывается на его структурно-механических характеристиках (твердости, крошливости и др.) и биохимических показателях — кислотности, окислительно-восстановительном потенциале и др. Преобладающее влияние при этом оказывает липидный состав масла. Увеличение содержания полиненасыщенных жирных кислот обуславливает улучшение пластичности сливочного масла и ускорение окисляемости в нем липидов и наоборот.

Плазма масла, в которой сконцентрированы практически все водорастворимые вещества (белок, минеральные вещества, фосфолипиды, водорастворимые витамины), является благоприятной средой для развития микроорганизмов. Происходящие в плазме биохимические изменения обуславливают повышение ее кислотности, изменение окислительно-восстановительного потенциала среды. Важным показателем качества масла является активная кислотность плазмы. Например, сульфгидрильные соединения типа SH-групп, образующиеся при повышенной температуре пастеризации сливок, значительно снижают величину окислительно-восстановительного потенциала. Это в известной мере способствует снижению интенсивности протекания окислительных процессов

в масле. Изменение окислительно-восстановительного потенциала может быть обусловлено обменом веществ микроорганизмов, действием солей тяжелых металлов, молекулярного кислорода воздуха и другими факторами. Наличие комплекса веществ — сульфгидрильных соединений типа SH-групп, лактонов, летучих жирных кислот, карбонильных соединений, свободных аминокислот — определяет вкус и запах сливочного масла.

Качество масла при хранении изменяется в результате развития микробиологических, ферментативных и химических процессов. При плюсовой температуре окислительные процессы порчи интенсифицируются в результате разложения белков, углеводов, липидов. Образующиеся при этом вещества являются причиной ухудшения вкуса и запаха масла. Повышение температуры, как и увеличение продолжительности хранения, ускоряет порчу вплоть до полной потери его качества.

Основными причинами порчи молочного жира в сливочном масле являются гидролитические и окислительные процессы, вызываемые посторонней микрофлорой и ее ферментами.

Гидролитические процессы наиболее интенсивно протекают под действием микрофлоры, обладающей липолитическими свойствами, и фермента липазы. Основным продуцентом липаз является микрофлора, обладающая психротрофными и липолитическими свойствами.

Наиболее распространенными ферментами сливочного масла являются ферменты бактериального происхождения — следствие вторичного микробияльного обсеменения в процессе производства. Многие липазы психротрофных бактерий выдерживают высокую температуру пастеризации, хотя сами бактерии погибают в процессе тепловой обработки сливок. Оставшиеся термостойкие липазы гидролизуют триглицериды с выделением свободных жирных кислот, в основном низкомолекулярных, с числом углеродных атомов от C_4 до C_{12} . Образовавшиеся свободные жирные кислоты имеют специфический вкус и запах. Прогорклый вкус сливочного масла возникает при наличии в 100 г продукта всего лишь 10^{-6} г масляной кислоты и $2 \cdot 10^{-6}$ г капроновой.

Под действием окисления и декарбоксилирования низкомолекулярные свободные жирные кислоты превращаются в кетокислоты и метилалкилкетоны, придающие маслу неприятный прогорклый вкус. Пораженное липазой сливочное масло при холодильном хранении подвержено быстрой порче с образованием различных пороков, снижающих его качество. Основными условиями предупреждения действия липазы в сливочном масле является использование молока и сливок, не подвергшихся липолизу, соблюдение технологических режимов производства,

устранение возможности повторного обсеменения масла посторонней микрофлорой.

Перекисное окисление является причиной порчи молочного жира в результате воздействия молекулярного кислорода.

На первой стадии перекисного окисления образовавшиеся продукты не оказывают существенного влияния на вкус и запах масла. Однако, являясь термодинамически неустойчивыми соединениями, перекиси разрушаются с образованием вторичных продуктов окисления (см. раздел 2.4.2). Образовавшиеся альдегиды, кетоны, кислоты, окиссоединения придают маслу неприятные вкус и запах. Скорость реакций, в результате которых имеет происходить окислительное прогоркание масла, значительно возрастает при одновременном воздействии ряда факторов: присутствия кислорода воздуха, света и солей металлов переменной валентности (Cu, Fe, Ca, Mn, Ni и др.), выполняющих роль прооксидантов-катализаторов. Их действие сводится к активации кислорода и образованию гидроперекисей, которые усиливают процесс окисления молочного жира. По степени активации окислительных процессов в молочном жире наиболее сильным активатором является медь, затем железо. Каталитическая активность меди более чем в 2 раза выше активности железа. При действии света в результате фотоокисления липидов в масле происходит перекисное окисление, характер которого примерно такой же, как и при окислении молекулярным кислородом. Скорость этих изменений зависит от режима хранения и направленности окислительных изменений масла. Интенсивное снижение в масле количества кислорода (свидетельство активности окислительных процессов) сопровождается ухудшением качества продукта и наоборот.

На сохраняемость сливочного масла оказывает влияние содержание в нем воздуха, содержание его от 2 до 3 мл в 100 г масла считается нормальным. В процессе хранения происходит постепенное снижение количества кислорода в масле и увеличивается содержание углекислоты.

Хранение масла в охлажденном состоянии стимулирует развитие микробиологических и ферментативных процессов в плазме. В результате жизнедеятельности микрококков, гнилостных бактерий, дрожжей и плесеней образуются протеиназы (протеазы), расщепляющие белки и продукты их распада, разрывая пептидные цепи. Образующиеся пептоны, полипептиды, аминокислоты ухудшают вкус плазмы масла и его качество в целом. Учитывая, что зона действия рН протеиназ лежит в слабокислой или нейтральной области, для протекания ферментативного протеолиза масла опасно наличие микрофлоры, обладающей протеолитическими свойствами. Конечные продукты распада аминокислот — индол

и аммиак придают маслу гнилостный привкус. При производстве кисломолочного масла молочные бактерии задерживают развитие посторонней микрофлоры, что положительно сказывается на сохранности качества охлажденного масла.

3.5. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СВЕЖЕСТИ МЯСА ПРИ ХОЛОДИЛЬНОМ ХРАНЕНИИ

Попадание микроорганизмов в мясо возможно на всех стадиях технологической переработки, начиная с момента убоя. Обсемененность мяса и других продуктов убоя происходит в период обескровливания, на стадиях съёмки шкур, извлечения внутренних органов и зачистки.

В практике заключение о степени свежести говядины, свинины или баранины основывается на результатах определения органолептических показателей и данных химических и микробиологических исследований.

По стандарту свежесть мяса оценивают по 25-балльной системе с учетом результатов органолептической оценки, химического и бактериологического исследований.

Мясо	Баллы
Свежее	21...25
Сомнительной свежести	10...20
Несвежее	0...9

Максимальное количество баллов распределяют по отдельным показателям следующим образом:

Органолептическая оценка	13
Количество летучих жирных кислот	4
Реакция с сульфатом меди в бульоне	4
Количество аминокислотного азота	2
Бактериоскопия	2
Итого:	25

В зависимости от результатов исследования каждый из показателей оценивают в пределах установленного для него количества баллов с учетом скидки.

3.5.1. Органолептическая оценка свежести мяса

Органолептические показатели, характеризующие свежесть мяса при органолептической оценке, приведены в табл. 3.4.

Органолептические показатели свежести мяса убойных животных

Показатель	Характеристика мяса		
	свежего	сомнительной свежести	несвежего
Внешний вид и цвет поверхности	Имеет корочку подсыхания бледно-розового или бледно-красного цвета, у размороженных туш красного цвета; жир мягкий, частично окрашен в ярко-красный цвет	Местами увлажнена, слегка липкая, потемневшая	Сильно подсыхая, покрытая слизью серовато-коричневого цвета или плесенью
Мышцы на разрезе	Слегка влажные, не оставляют влажного пятна на фильтровальной бумаге; цвет, свойственный данному виду мяса: для говядины — от светло-красного до темно-красного, для свинины — от светло-розового до красного, для баранины — от красного до красно-вишневого	Влажные, оставляют влажное пятно на фильтровальной бумаге, слегка липкие, темно-красного цвета; с поверхности разреза размороженного мяса стекает слегка мутноватый мясной сок	Влажные, оставляют влажное пятно на фильтровальной бумаге, липкие, красно-коричневого цвета; с поверхности разреза размороженного мяса стекает мутный мясной сок
Консистенция	На разрезе мясо плотное, упругое; образующаяся при надавливании пальцем ямка быстро выравнивается	На разрезе мясо менее плотное и менее упругое; образующаяся при надавливании пальцем ямка выравнивается медленно (в течение 1 мин); жир мягкий, у размороженного мяса слегка разрыхлен	На разрезе мясо дряблое; образующаяся при надавливании пальцем ямка не выравнивается; жир мягкий, у размороженного мяса рыхлый, осалившийся
Запах	Специфический, свойственный каждому виду свежего мяса	Слегка кисловатый или с оттенком затхлости	Кислый, или затхлый, или слабогнилостный
Состояние сухожилий	Упругие, плотные, поверхность суставов гладкая, блестящая, у размороженного мяса мягкие, рыхлые, окрашены в ярко-красный цвет	Менее плотные, матово-белого цвета, суставные поверхности слегка покрыты слизью	Размягчены, сероватого цвета, суставные поверхности покрыты слизью

Показатель	Характеристика мяса		
	свежего	сомнительной свежести	несвежего
Состояние жира	Говяжий жир имеет белый, желтоватый или желтый цвет, консистенция твердая, при раздавливании крошится; свиной жир имеет белый или бледно-розовый цвет, мягкий, эластичный; бараний жир имеет белый цвет, консистенция плотная, жир не должен иметь запаха осаливания или прогоркания	Имеет сероватоматовый оттенок, слегка липнет к пальцам, может иметь легкий запах осаливания	Имеет сероватоматовый оттенок, при раздавливании мажется; свиной жир может быть покрыт небольшим количеством плесени; запах прогорклый

3.5.2. Определение количества летучих жирных кислот

Летучие жирные кислоты (ЛЖК) накапливаются в мясе в результате дезаминирования аминокислот при гниении мяса. Установлено, что на ранних стадиях гнилостного разложения белков мяса в наибольшем количестве образуется уксусная кислота, а затем масляная; на более поздних стадиях появляются муравьиная и пропионовая кислоты. Таким образом, общее количество этих кислот может служить одним из показателей свежести мяса. Содержание ЛЖК выражают числом миллилитров 0,2 н. раствора NaOH, пошедшего на титрование 200 мл отгона из 25 г мяса.

Ход определения. Отвешивают на весах 25 г мясного фарша и помещают в круглодонную колбу вместимостью 0,75–1,0 л, туда же приливают 150 мл 2 %-ного раствора серной кислоты.

Содержимое колбы перемешивают и колбу закрывают пробкой с двумя отверстиями. В одно из них вставляется доходящая почти до дна изогнутая под прямым углом стеклянная трубка для соединения колбы с парообразователем, а в другое — трубка с каплеуловителем, соединяющая колбу с холодильником. Под холодильник подставляют коническую колбу вместимостью 300 мл, на которой отмечен объем 200 мл.

После того как установка собрана, воду в парообразователе доводят до кипения и отгоняют летучие жирные кислоты продукта паром до тех пор, пока не соберется 200 мл дистиллята. Во время перегонки круглодонную колбу тоже подогревают. Полученный

дистиллят оттитровывают 0,1 н. раствором NaOH с фенолфталеином в качестве индикатора.

Параллельно ставят контрольный опыт без мяса в тех же самых условиях (он необходим для определения летучих кислот, которые могут содержаться в серной кислоте).

Количество ЛЖК в мясе определяют по формуле

$$\omega_{\text{ЛЖК}} = \frac{V_1 - V_2}{2} \cdot K,$$

где V_1 — количество 0,1 н. раствора щелочи, израсходованное на титрование 200 мл отгона, мл;

V_2 — количество щелочи, израсходованное на титрование 200 мл отгона в контрольной пробе, мл;

K — поправка на титр 0,1 н. раствора щелочи.

По содержанию ЛЖК в мясе производят скидку в баллах:

Содержание ЛЖК, мл раствора NaOH	Скидка баллов
до 0,35 (свежее мясо)	0
0,36...0,50 (свежее мясо)	1
0,51...0,651 (мясо сомнительной свежести)	2
0,65...1,0 (мясо сомнительной свежести)	3
свыше 1,0 (несвежее мясо)	4

3.5.3. Реакции с сульфатом меди в бульоне

Присутствие в бульоне продуктов распада белков мяса устанавливают качественной реакцией с сернокислой медью.

В бульоне, полученном из свежего мяса, при добавлении 5 %-ного раствора сульфата меди не наблюдается никаких изменений или образуется лишь слабая муть. В бульоне из несвежего мяса появляются хлопья или студенистый осадок голубоватого либо зеленоватого цвета. Появление в бульоне хлопьев обусловлено взаимодействием между медью и первичными продуктами распада белков; образование окрашенного осадка — взаимодействием с продуктами более глубокого распада белков.

Ход определения. 20 г мясного фарша помещают в коническую колбу на 150–200 мл и заливают 60 мл дистиллированной воды. Содержимое колбы тщательно перемешивают, колбу закрывают часовым стеклом и ставят в кипящую водяную баню на 10 мин. Полученный горячий бульон затем фильтруют через плотный слой ваты (толщиной не менее 0,5 см) в пробирку, помещенную в стакан с холодной водой.

Если после фильтрации в бульоне остаются хлопья, то его дополнительно фильтруют через фильтровальную бумагу.

В другую пробирку наливают 2 мл бульона и добавляют к нему 3 капли 5 %-ного раствора сернокислой меди. Пробирку встряхивают 2–3 раза и через 5 мин отмечают результат реакции, по которому производят скидку баллов.

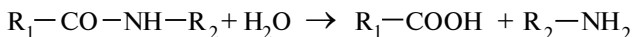
Результат реакции	Скидка баллов
Бульон прозрачный или слегка мутный	0
Наличие в бульоне хлопьев	3
Выпадение студенистого осадка голубоватого или зеленоватого цвета	4

3.5.4. Определение в мясе содержания аминокислотного азота

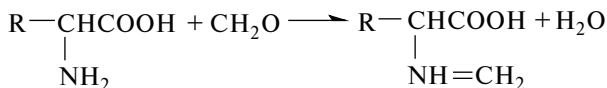
Процесс гнилостного распада белков сопровождается сначала разрушением пептидных связей белковых молекул. В результате этого увеличивается количество свободных карбоксильных и аминных групп. Одновременно происходит дезаминирование аминокислот, сопровождающееся накоплением аммиака в виде его соединений. Соответственно в мясе возрастает количество азота аминокислот и аммиака (аминокислотного азота), которое может служить одним из показателей глубины гнилостного разложения белков мяса.

Метод определения аминокислотного азота основан на связывании аминокислот и аммиака формальдегидом и титровании щелочью карбоксильных групп и кислых валентностей, количество которых эквивалентно азоту аминокислот и азоту аммиака. Химизм этих реакций представлен ниже.

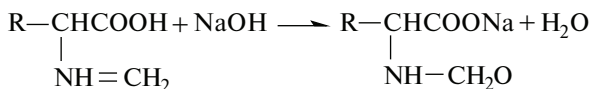
1. Гидролитический распад белков:



2. Связывание аминокислот формальдегидом с образованием метиленовых соединений, представляющих собой кислоты:



3. Эти кислоты являются более сильными, чем свободные аминокислоты, и могут быть оттитрованы щелочью. Реакция титрования протекает по следующему уравнению:



По количеству щелочи, израсходованной на титрование, можно рассчитать содержание азота аминных групп.

При титровании щелочью в присутствии формальдегида последним блокируется аммиак, вытесняемый щелочью из аммиачных соединений, а освободившиеся при этом кислотные остатки оттитровываются щелочью. Эта часть щелочи соответствует количеству аммиачного азота.

Ход определения. 25 г мясного фарша растирают в ступке с небольшим количеством дистиллированной воды (30–40 мл). Мясную кашу переносят в колбу на 100 мл. Остатки на ступке тщательно смывают таким количеством воды, чтобы общий объем смеси не превышал 100 мл, отмеченных карандашом на колбе. Колбу закрывают резиновой пробкой. Содержимое взбалтывают в течение 3 мин, отстаивают и опять взбалтывают 2 мин, а затем фильтруют через 3 слоя марли.

40 мл мясной вытяжки переносят в мерную колбу на 100 мл. Для осаждения белков к вытяжке добавляют последовательно 10 %-ный раствор алюмоаммиачных квасцов и насыщенный раствор едкого бария, общий объем которых должен быть примерно равным или немного больше объема мясной вытяжки.

Соотношение объемов растворов квасцов и едкого бария определяют путем предварительного титрования 10 мл квасцов насыщенным раствором едкого бария в присутствии 5 капель 1 %-ного раствора фенолфталеина. По объему едкого бария, пошедшего на титрование, рассчитывают количество реактивов, необходимое для осаждения белков. Например, для нейтрализации 10 мл 10 %-ного раствора квасцов израсходовано 8 мл раствора едкого бария, следовательно, для осаждения белков в 40 мл мясной вытяжки следует взять 25 мл раствора квасцов и 20 мл едкого натрия. После добавления осадителей объем раствора в колбе доводят дистиллированной водой до метки, перемешивают и дают ему отстояться в течение 10 мин.

Для контроля во вторую мерную колбу емкостью 100 мл вносят такое же количество растворов квасцов и едкого бария, как и для осаждения белков в мясной вытяжке, и доливают до метки дистиллированную воду.

Исследуемую вытяжку после осаждения белков в контрольный раствор фильтруют через бумажный фильтр.

В коническую колбу отмеривают 20 мл мясного фильтрата, добавляют 0,3 мл индикатора № 1, состоящего из равных количеств 0,1 %-ных спиртовых растворов нейтрального красного

и метиленового голубого, и титруют 0,1 н. раствором NaOH до перехода окраски раствора из фиолетовой в зеленую (это количество щелочи в расчет не принимается). Затем в ту же колбу приливают 10 мл формольной смеси и добавляют 0,5 мл индикатора № 2, состоящего из 1 части 0,1 %-ного раствора метилового синего и 3 частей 1 %-ного раствора фенолфталеина. Содержимое колбы (сине-фиолетового цвета) оттитровывают 0,1 н. раствором NaOH. По мере прибавления щелочи фильтрат приобретает вначале ярко-зеленый цвет, а затем фиолетовый. Переход цвета исследуемого фильтрата от ярко-зеленого к фиолетовому считают окончанием титрования.

Параллельно в таком же порядке оттитровывают 20 мл контрольного раствора.

Содержание аминокислотного азота, $\omega_{\text{ААМА}}$, мг % рассчитывают по формуле

$$\omega_{\text{ААМА}} = \frac{1,4 \cdot 100 \cdot 100 \cdot (V_1 - V_2) \cdot K}{25 \cdot 40 \cdot 20} \cdot 100 = 70 \cdot (V_1 - V_2) \cdot K,$$

где 1,4 — количество азота, эквивалентное 1 мл 0,1 н. раствора NaOH, мг;

V_1 — количество 0,1 н. раствора NaOH, пошедшее на титрование исследуемого фильтрата, мл;

V_2 — количество 0,1 н. раствора NaOH, пошедшее на титрование контрольного раствора, мл;

K — поправочный коэффициент титра щелочи.

По результатам анализа производят следующую скидку баллов:

Содержание аминокислотного азота	Скидка баллов
до 80 мг % (свежее мясо)	0
от 80 до 130 (мясо сомнительной свежести)	1
свыше 130 (несвежее мясо)	2

3.5.5. Определение рН мяса

Важный показатель качества мяса с позиций технологии его переработки и хранения — величина рН. От концентрации ионов водорода в мышечной ткани зависит водосвязывающая способность мяса, влияющая на выход продукта, потерю массы при хранении, а также устойчивость продукта в отношении развития гнилостойкой микрофлоры.

Наряду с другими показателями величину рН используют для выяснения целесообразных направлений переработки мяса.

К определению pH прибегают при классификации мяса по группам качества — *PSE*, *DFD*, *NOR*, измеряя этот показатель у парных туш (через 1 ч после убоя) и охлажденных в течение 24 ч.

Этот показатель определяют колориметрическим или потенциометрическим методом.

Колориметрический метод основан на свойстве индикатора изменять свою окраску в зависимости от концентрации ионов водорода в растворе. Таким методом можно определить приближенное значение pH измеряемого объекта.

Наибольшее распространение получил количественный *потенциометрический метод* определения pH, основанный на измерении электродвижущей силы.

Величину pH измеряют с использованием лабораторных pH-метров (рис. 3.2) и портативных переносных экспресс-измерителей.



Рис. 3.2. pH-метр pH-150 МИ используется для измерения значений pH, окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и температуры

При использовании портативного pH-метра электроды вводят в мышечную ткань на глубину 2...3 см, исключая их соприкосновение с жировой тканью. Измерения проводят непосредственно в цехах с использованием отечественных и иностранных экспресс-измерителей.

Порядок определения pH с помощью лабораторного pH-метра. Перед определением pH мяса готовят его водный экстракт. Для этого 10 г мясного фарша заливают бидистиллированной водой в количестве 100 мл и настаивают в течение 30 мин, периодически перемешивая. Затем вытяжку фильтруют через бумажный или ватный фильтр и в фильтрате определяют значение pH.

3.6. ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕЖЕСТИ ОХЛАЖДЕННОЙ ПТИЦЫ

Доброкачественность охлажденного мяса птицы при хранении определяют путем органолептической оценки и химико-бактериологического исследования. Химико-бактериологическому исследованию на свежесть подвергают мясо и жир тушек птицы, органолептические показатели которых не соответствуют требованиям стандарта для свежих тушек.

Заключение о степени свежести мяса птицы делают на основании комплекса органолептических показателей с привлечением в сомнительных случаях результатов химических и бактериологических исследований.

Для определения свежести мяса из исследуемых партий отбирают 1 % тушек (но не менее трех). Образцы до исследования допускается хранить в лаборатории при 2–4 °С не более 18–20 ч.

Заключение о свежести мяса птицы делают на основании органолептических и химических исследований с учетом характера изменений белков и жира.

При проведении химических исследований мяса птицы наряду с показателями, характеризующими изменение белков, оценивают степень гидролиза и окисления жира. В соответствии с этим определяют количество летучих жирных кислот, аммиака и солей аммония, проводят реакцию на пероксидазу с бензидином (кроме мяса водоплавающей птицы), оценивают величины кислотного и перекисного чисел жировой ткани.

3.6.1. Органолептическая оценка свежести тушек птицы

Органолептические исследования предусматривают определение внешнего вида и цвета, состояние мышц на разрезе, консистенции, запаха и прозрачности бульона.

Органолептическую оценку свежести тушек птицы производят по следующим показателям (табл. 3.5).

Определение внешнего вида и цвета. Внешний вид и цвет клюва, слизистой оболочки, ротовой полости, глазного яблока, поверхности тушки, подкожной и внутренней жировой ткани, грудно-брюшной серозной оболочки определяют внешним осмотром.

Определение состояния мышц на разрезе. Грудные и тазобедренные мышцы разрезают поперек направления мышечных волокон. Для определения липкости мышц прикасаются пальцем к поверхности мышечного среза. Влажность мышц определяют, прикладывая фильтровальную бумагу к поверхности мышечного разреза.

Органолептические показатели свежести тушек птицы

Тушка свежая	Тушка подозрительной свежести
Цвет кожи беловато-желтоватый или бледно-желтый, местами с розоватым оттенком; у птицы нежирной или истощенной — серовато-желтоватый с красноватым оттенком; поверхность сухая; запах специфический, свойственный каждому виду птицы	Цвет кожи серовато-желтый; поверхность почти сухая; легкий затхлый запах
Подкожный и внутренний жир желтый, без постороннего запаха	Белый, слегка желтоватый; внутренний жир может быть с легким посторонним запахом
Мышечная ткань плотная, упругая; у кур и индеек светло-розового цвета; грудные мышцы белые, с розоватым оттенком	Мышечная ткань менее плотная, чем у свежей птицы; на разрезе более темная; влажная и слегка липкая; запах кисловато-затхлый

Определение цвета мышц. Цвет устанавливают визуально при дневном рассеянном свете.

Определение запаха. Запах поверхности тушки и грудобрюшной полости, а также внутреннего жира устанавливают органолептически. Для определения запаха глубинных слоев мышцы разрезают ножом. При этом особое внимание обращают на запах слоев мышечной ткани, прилегающих к костям.

Определение прозрачности и запаха бульона. 20 г измельченного мяса (мышцы голени и бедра) помещают в стакан вместимостью 100 мл, заливают 60 мл дистиллированной воды. Колбу нагревают на водяной бане 10 мин. Запах мясного бульона определяют в процессе нагревания до 80–85 °С. Степень прозрачности бульона устанавливают визуально в цилиндре диаметром 20 мм.

3.6.2. Приготовление водной вытяжки

Из слоев исследуемого образца (тушки) различной глубины вырезают кусочки тазобедренных мышц. После этого пробу освобождают от жира и соединительной ткани и измельчают. Отвешивают навеску 15 г и переносят в стакан с 60 мл прокипяченной дистиллированной воды, настаивают в течение 15 мин при трехкратном взбалтывании. Полученную водную вытяжку фильтруют через бумажный фильтр. Вытяжки делают из каждого образца отдельно.

3.6.3. Реакция на аммиак с помощью реактива Несслера

Ход определения. К 1 мл водной вытяжки добавляют по каплям реактив Несслера в количестве от 1 до 10 капель. После добавления каждой капли содержимое пробирки взбалтывают и при этом наблюдают изменение цвета и прозрачности вытяжки.

Если мясо птицы свежее, при добавлении 10 капель реактива Несслера к вытяжке из мяса помутнения и пожелтения не наблюдается. В редких случаях после прибавления 10 капель вытяжка может пожелтеть, но помутнения не происходит.

Если мясо птицы имеет сомнительную свежесть, то после прибавления 6 и более капель реактива Несслера наблюдается пожелтение вытяжки и слабое ее помутнение. После отстаивания помутневшего экстракта в течение 20 мин на дно пробирки выпадает слабый осадок.

3.6.4. Реакция на пероксидазу с бензидином

Ход определения. В пробирку наливают 2 мл приготовленной испытуемой вытяжки, прибавляют 5 капель 0,2 %-ного спиртового раствора бензидина, взбалтывают содержимое и после этого добавляют 2 капли 1 %-ного раствора перекиси водорода (одна часть 3 %-ной перекиси водорода и две части воды).

В случае появления в течение 1–2 мин сине-зеленого окрашивания, постепенно переходящего в темно-коричневое, реакцию считают положительной. При отсутствии окраски или появлении ее после 3 мин реакцию считают отрицательной.

Свежее мясо показывает положительную реакцию; мясо подозрительной свежести — отрицательную.

Примечание. Реакция на пероксидазу с бензидином непригодна для исследования охлажденного мяса водоплавающей птицы.

3.6.5. Определение свежести жира тушек птицы

Подготовка образцов. Подкожный и внутренний жир тушек исследуют отдельно. Среднюю пробу подкожного жира составляют из жира, снятого со спины, у основания шеи и под крылом. Внутренний жир берут из сальника. Жир очищают от мяса и соединительной ткани, измельчают, вытапливают на водяной бане (или в термостате) и фильтруют через 4 слоя марли.

Определение цвета. В сухую, чистую, из прозрачного белого стекла пробирку диаметром 1,5–2 мл наливают расплавленный исследуемый жир, охлаждают его до комнатной температуры (15–17 °С) и определяют цвет в отраженном дневном свете.

Определение запаха и вкуса. Запах и вкус определяют при комнатной температуре при перемешивании вытопленного жира в стакане чистой стеклянной палочкой.

Определение кислотного числа. В коническую колбу емкостью 100–150 мл вносят точную навеску жира — около 1 г. Жир расплавляют на водяной бане, прибавляют к нему 20 мл нейтральной смеси (2:1) серного эфира и 96 %-ного этилового спирта, 3–5 капель 1 %-ного спиртового раствора фенолфталеина и после легкого взбалтывания быстро титруют.

Расчеты производят по формуле

$$\text{КЧ}_{\text{ж}} = \frac{5,61 \cdot V \cdot K}{m_0}$$

где $\text{КЧ}_{\text{ж}}$ — кислотное число жира, мг КОН, израсходованного на нейтрализацию свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира;

5,61 — количество гидроксида калия, содержащееся в 1 мл 0,1 М раствора, мг;

V — объем 0,1 М раствора гидроксида калия, израсходованный на титрование, мл;

K — коэффициент пересчета на точно 0,1 М раствор гидроксида калия;

m_0 — масса навески, г.

Расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 4 % средней величины.

Определение перекисного числа. Навеску исследуемого жира около 0,5 г растворяют в конической колбе (с притертой пробкой) в смеси из 5 мл ледяной уксусной кислоты и 5 мл хлороформа. К раствору добавляют 1 мл свежеприготовленного насыщенного раствора йодистого калия и выдерживают в темном месте в течение 5 мин. Затем добавляют 30 мл дистиллированной воды и выделившийся йод оттитровывают 0,001 н. раствором тиосульфата натрия.

Параллельно проводят контрольный опыт в тех же условиях, но без жира. Расчет перекисного числа производят по формуле

$$\text{ПЧ} = \frac{0,000254 \cdot (V_1 - V_2) \cdot K}{m_0} \cdot 100,$$

где ПЧ — пероксидное число, % I_2 ;

0,000254 — количество йода, эквивалентное 1 мл 0,002 М раствора тиосульфата натрия, г;

V_1 — объем 0,001 н. раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование испытуемого раствора, мл;

V_2 — объем 0,001 н. раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование контрольного раствора, мл;

K — коэффициент пересчета на точно 0,001 н. раствор тиосульфата натрия;

m_0 — масса навески, г

Расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 0,1 % средней величины.

Заключение о степени свежести жира делают на основании величин кислотного и перекисного чисел (табл. 3.6).

Таблица 3.6

Показатели свежести жира тушек птицы

Вид птицы	Состояние жира	Кислотное число, мг КОН	Перекисное число, % I_2
Куры и гуси	Свежий (до замораживания птицы)	До 1,0	До 0,009
	Свежий (мороженой птицы)	1,0...1,6	0,009...0,1
	Подозрительной свежести	1,6...2,0	0,1...0,3

3.7. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОХЛАЖДЕННОГО СЛИВОЧНОГО МАСЛА

В выборку от партии масла в потребительской и транспортной таре берут 5 % единиц, при наличии в партии менее 20 единиц — одну. Масло, упакованное в бочку, отбирают шупом, погружая его наклонно от края бочки к центру; при упаковке масла в ящики шуп погружают по диагонали от торцевой стенки к центру монолита. Из разных мест масла, взятого шупом, отбирают шпателем 50 г продукта от каждого контрольного места и помещают в одну банку.

Из каждой вскрытой единицы упаковки с фасованным маслом отбирают 3 % брусков. Из каждого бруска отбирают не более 50 г масла в банку для составления среднего образца. Банку помещают в водяную баню при 30 °С и перемешивают масло для достижения однородной консистенции, затем охлаждают до (20 ± 2) °С и выделяют средний образец для исследования.

Органолептическая оценка. Вкус и запах сливочного масла должны быть характерными для данного вида, учитывается степень его чистоты и выраженности, а также наличие дефектов.

Консистенция должна быть плотной, на разрезе слабоблестящей и сухой или с наличием мелких капелек влаги; у топленого масла — мелкозернистой, в растопленном виде топленое масло должно быть совершенно прозрачным, без осадка.

3.7.1. Ускоренный метод определения влаги в сливочном масле

В сухом алюминиевом стакане взвешивают 5 г сливочного или 10 г топленого масла с точностью до 0,01 г. Стакан осторожно нагревают на электрической плитке, не допуская вспенивания и разбрызгивания, до тех пор пока не перестанет отпотевать часовое стекло, поддерживаемое над стаканом. После прекращения вспенивания и треска и при появлении легкого побурения нагревание прекращают.

Содержание влаги $\omega_{\text{вл}}$, %, вычисляют по формуле

$$\omega_{\text{вл}} = \frac{m_1 - m_2}{m_{\text{М}}} \cdot 100,$$

где m_1 — масса алюминиевого стакана с навеской до высушивания, г;

m_2 — масса алюминиевого стакана с навеской после высушивания, г;

$m_{\text{М}}$ — навеска масла, г.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,1 % для топленого масла и 0,2 % для сливочного. За окончательный результат принимают среднее арифметическое двух параллельных определений. Продолжительность анализа составляет не более 50 мин.

3.7.2. Определение кислотности сливочного масла

Кислотность сливочного масла характеризуется числом миллилитров 1 н. раствора щелочи, идущей на нейтрализацию свободных кислот, содержащихся в 100 г масла, и выражается в градусах Кеттсдорфера (°К).

Метод применим в интервале от 0,5 до 3 градусов Кеттсдорфера. Точность метода составляет $\pm 0,07$ °К при доверительной вероятности 0,95.

Ход определения. Взвешивают в конической колбе около 5 г сливочного масла с точностью до 2-го десятичного знака. Колбу с содержимым слегка нагревают на водяной бане до расплавления масла, прибавляют 20 мл спиртоэфирной смеси (смесь серного

эфира и этилового спирта 1:1), пять капель фенолфталеина и титруют 0,1 н. раствором КОН или NaOH при постоянном перемешивании до появления розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин.

Кислотность K , °К, вычисляют по формуле

$$K = \frac{10 \cdot V \cdot K}{m},$$

где V — количество 0,1 н. раствора КОН или NaOH, израсходованного на, титрование, мл;

K — поправка, к титру 0,1 н. раствора КОН или NaOH;

m — масса навески масла, г.

3.7.3. Определение кислотного числа молочного жира сливочного масла

Ход определения. В коническую колбу на 250 мл берут навеску сливочного масла от 3 до 5 г с точностью до второго десятичного знака. Колбу с содержимым слегка нагревают на водяной бане до расплавления сливочного масла, прибавляют 50 см³ спирто-эфирной или спирто-хлороформной смеси, пять капель фенолфталеина и титруют при постоянном помешивании раствором 0,1 н. КОН или NaOH до появления слабо-розового окрашивания, устойчивого в течение 30 с.

Спирто-эфирную смесь готовят из двух частей диэтилового эфира и одной части этилового спирта с добавлением 5 капель раствора фенолфталеина на 50 мл смеси. Смесь нейтрализуют 0,1 н. раствором гидроокиси калия или натрия до едва заметной розовой окраски.

Спирто-хлороформную смесь готовят из равных частей хлороформа и этилового спирта с добавлением 5 капель раствора фенолфталеина на 50 мл смеси. Смесь нейтрализуют 0,1 н. раствора гидроокиси калия или натрия до едва заметной розовой окраски.

При использовании спирто-эфирной смеси титрование проводят водным или спиртовым раствором щелочи; при использовании спирто-хлороформной смеси — спиртовым раствором щелочи.

Кислотное число КЧ масла, мг КОН на 1 г масла вычисляют по формуле

$$КЧ = \frac{5,611 \cdot V \cdot K}{m} m,$$

где 5,611 — коэффициент, равный значению расчетной массы КОН в 1 мл 0,1 н. раствора КОН (при использовании NaOH этот коэффициент получают путем умножения расчетной массы NaOH в 1 мл 0,1 н. раствора щелочи (равной 4,0) на 1,4 — отношение молекулярных масс КОН и NaOH);

V — объем 0,1 н. раствора КОН или NaOH, израсходованного на титрование, мл;

K — поправка к титру 0,1 н. раствора КОН или NaOH;

m — навеска продукта, г.

3.7.4. Определение перекисного числа молочного жира сливочного масла

Перекисное число означает количество молекулярного йода, выделившегося при реакции с йодидом калия перекисных соединений, образующихся в испытуемом образце масла при его окислении кислородом воздуха.

Ход определения. Навеску сливочного масла около 2 г, взвешенную с точностью до 0,001 г, растворяют в конической колбе в 20 мл смеси, состоящей из двух частей ледяной уксусной кислоты и одной части хлороформа. Затем прибавляют 5 мл насыщенного раствора KI и оставляют стоять около 10 мин (без доступа света), по окончании реакции добавляют 30 мл воды.

Выделившийся I_2 оттитровывают 0,002 н. раствором тиосульфата натрия, добавив 0,5 мл 1 %-ного раствора крахмала. Параллельно проводят контрольное определение, в котором вместо масла берут воду.

0,1 н. раствор тиосульфата натрия готовят из 25 г $Na_2S_2O_3 \times 5H_2O$, взвешенного с точностью до 0,1 г. Навеску количественно переносят в мерную колбу на 1 л, растворяют в свежeproкипяченной охлажденной воде и доводят объем до метки.

Раствор оставляют стоять на 10–15 сут, затем определяют его точный титр. Для повышения стойкости тиосульфата рекомендуется добавлять на 1 л раствора 0,2 г Na_2CO_3 .

0,002 н. раствор тиосульфата натрия готовят перед каждым определением из 0,1 н. раствора, разбавляя последний прокипяченной (не содержащей CO_2) дистиллированной водой.

Раствор крахмала готовят следующим образом: 1 г крахмала смешивают с 10 мл холодной воды. Полученную смесь приливают тонкой струйкой при непрерывном перемешивании в 90 мл кипящей воды. Горячий готовый крахмал отфильтровывают в маленькие бутылки, закрывают их ватными пробками и стерилизуют в парообразователе. В таком виде раствор крахмала сохраняется длительное время.

Перекисное число выражают в % I_2 , выделившегося из KI перекисями, образовавшимися в 100 г масла:

$$\text{ПЧ} = \frac{(a-b) \cdot 0,0002538 \cdot 100 \cdot K}{m},$$

где $(a-b)$ — разность результатов титрования опытного и контрольного образцов, в мл 0,002 н. раствора тиосульфата натрия;

m — навеска масла, г;

0,0002538 — коэффициент пересчета тиосульфата натрия на I_2 ;

K — поправка к титру раствора тиосульфата натрия.

3.7.5. Определение окисленности молочного жира сливочного масла

Определение окисленности молочного жира сливочного масла с 2-тиобарбитуровой кислотой. Широкое распространение получил метод определения степени окисленности молочного жира по реакции с 2-тиобарбитуровой кислотой (2-ТБК). Реакции с 2-ТБК весьма чувствительны на ранних стадиях окислительного прогоркания молочного жира, а продукты реакции 2-ТБК с молочным жиром легко определяются на спектрофотометре и фотоколориметре при длине волны 532–535 нм. Степень чувствительности к пробе с 2-ТБК разных жиров зависит от содержания в них линолевой и линоленоновой кислот.

Метод с применением 2-ТБК дает хорошие совпадения с органолептическим определением прогорклости масла. Сообщаются следующие величины оптической плотности для образцов молочного жира: 0,025–0,064 — окраска при реакции с 2-ТБК зрительно видима, окисленность жира на вкус неощутима, масло пригодно для хранения. 0,067–0,083 — окисленность жира ощутима на вкус и такое масло на хранение закладывать нельзя.

Химизм этой реакции достоверно неизвестен. Однако спектральный анализ показал идентичность окрашенных веществ, образующихся при взаимодействии 2-ТБК со вторичными продуктами окисления молочного жира. Их идентичность была подтверждена элементарным анализом и хроматографией на бумаге.

Достоинством 2-ТБК пробы является то, что она позволяет обнаружить окисленность молочного жира на начальных и поздних стадиях, в то время как определение перекисного числа не всегда дает удовлетворительные результаты. Дело в том, что процесс

образования и распада органических перекисей протекает одновременно, а перекисное число не дает представления об этих изменениях.

Ход определения. В коническую колбу емкостью 250 мл отвешивают 3 г молочного жира и растворяют в 10 мл изооктана. Затем в колбу вносят 10 мл рабочего раствора 2-ТБК, закрывают ее и встряхивают в течение 4 мин. После чего содержимое колбы переносят в длительную воронку. При этом жидкость разделяется на два слоя: нижний — водный, верхний — растворитель с жиром.

Водный слой осторожно сливают в пробирку и погружают ее в кипящую водяную ванну на 30 мин, после чего охлаждают и переносят часть содержимого в кювету фотоколориметра.

Интенсивность окраски измеряют по отношению к дистиллированной воде (зеленый фильтр, длина волны 536 нм, толщина кюветы 10 мм).

Поскольку реактив 2-ТБК в процессе нагревания сам изменяет окраску, измеряют оптическую плотность контрольного образца. Контрольную пробу проводят в аналогичных условиях, но вместо жира берут 3 мл дистиллированной воды.

Степень окисленности молочного жира вычисляют по разности оптической плотности опытного и контрольного образца.

Рабочий раствор 2-тиобарбитуровой кислоты готовят следующим образом. На аналитических весах отвешивают 0,67 г химически чистой 2-ТБК и переносят ее в мерную колбу емкостью 100 мл. Колба нагревается в водяной бане до растворения ТБК в дистиллированной воде. Один объем его смешивается с таким же объемом химически чистой ледяной уксусной кислоты. Раствор 2-ТБК в холодильнике хорошо сохраняется в течение недели.

Определение окисленности молочного жира по методу Хилла и Тилля. Авторы данного метода для исследования окислительной порчи молочного жира применили модифицированный железороданидный метод.

Ход определения. В коническую колбу емкостью 100 мл со шлифом из темного стекла или обернутую фольгой отвешивают 100–150 мг сливочного масла и приливают 20 мл смеси бензола и метанола (7:3), содержимое размешивают. Затем прибавляют 0,1 мл раствора FeCl_2 и снова хорошо размешивают содержимое.

В раствор добавляется 0,1 мл реактива NH_4SCN . Плотную закрытую и обернутую фольгой колбу подогревают в течение двух минут на водной бане при температуре около 50 °С и охлаждают до комнатной температуры. На спектрофотометре при длине волны 510 нм и ширине кюветы 10 мм измеряют оптическую плотность раствора. Параллельно анализируют контрольную пробу, которую готовят без навески масла.

Степень окисленности СО молочного жира 1 г масла рассчитывают по формуле

$$CO = \frac{D \cdot 1000}{m},$$

где D — оптическая плотность раствора;

m — навеска масла, мг.

Для приготовления раствора NH_4SCN в 50 мл дистиллированной воды растворяют 15 г сухой соли. Раствор можно хранить в темном флаконе в течение 2-х мес.

Для приготовления раствора $FeCl_2$ 0,4 г хлорида бария ($BaCl_2 \cdot 2H_2O$) растворяют в 50 мл дистиллированной воды (колба на 100 мл). К раствору при перемешивании добавляют раствор сернокислого железа, полученного растворением 0,5 г $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ в 40 мл дистиллированной воды, затем приливают 2,3 мл 20 % HCl и доводят до метки дистиллированной водой. После выпадения осадка сульфата бария чистый раствор декантируют в темный флакон. Раствор устойчив в течение недели.

3.7.6. Определение поваренной соли в сливочном масле аргентометрическим методом

Ход определения. Отвешивают в стакан 5 г масла с точностью до 0,01 г. Пипеткой приливают 50 мл воды, нагревают до расплавления масла, перемешивают и оставляют в покое, пока жир на поверхности не застынет (или помещают стакан в холодную воду либо в холодильник).

Стеклянной палочкой делают в слое масла отверстие, через которое отбирают 10 мл жидкости, добавляют 5...8 капель 10 %-ного раствора K_2CrO_4 и титруют 0,1 н. раствором $AgNO_3$ до получения слабого кирпично-красного окрашивания.

Содержание поваренной соли ω_{NaCl} , в % рассчитывают по формуле

$$\omega_{NaCl} = \frac{V \cdot V_0 \cdot K \cdot 0,00585 \cdot 100}{V_1 \cdot m},$$

где V — объем взятой дистиллированной воды (50 мл);

V_1 — объем вытяжки, взятой для титрования (10 мл);

V_0 — количество 0,1 н. раствора $AgNO_3$, пошедшего на титрование, мл;

M — масса навески масла, г;

K — поправка к титру на точно 0,1 н. раствор $AgNO_3$;

0,00585 — количество граммов NaCl, эквивалентное 1 мл
0,1 н. раствора AgNO₃;
100 — пересчет на проценты.

3.8. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА СУХИХ ЯЙЦЕПРОДУКТОВ ПРИ ХОЛОДИЛЬНОМ ХРАНЕНИИ

Упакованный сухой яичный порошок хранят при температуре не выше 20 °С, относительной влажности воздуха не более 75 % до 6 мес. При температуре ниже 2 °С и относительной влажности воздуха 60–70 % срок хранения может быть продлен до 2 лет.

Для определения качества сухих яйцепродуктов отбирают пробы шупом от 10 % единиц упаковки, но не менее пяти упаковок. Общая масса пробы от партии должна быть не менее 200 г. Средние пробы соединяют, тщательно перемешивают и получают объединенную пробу массой 0,5 кг.

При органолептической оценке сухих яйцепродуктов определяют цвет, структуру, запах и вкус. Органолептические показатели зависят от качества сырья, условий и режимных параметров пастеризации, сушки и условий хранения.

Цвет и структуру сухих яйцепродуктов оценивают при дневном освещении, обращая внимание на однородность окраски и наличие комочков, легко рассыпающихся при надавливании.

Вкус определяют, пробуя охлажденную до комнатной температуры лепешку, испеченную из разведенного водой сухого образца. С этой целью 20 г яичного порошка (яичного белка) или 50 г сухого желтка растирают с 80 мл воды при 20 °С, тщательно перемешивают и оставляют для набухания 15 мин. Перед запеканием смесь вновь перемешивают. Яичную смесь запекают при температуре (154 ± 2) °С в течение 8–10 мин.

Запах определяют органолептически. Для этого в стакан помещают 20 г навески, заливают 20 мл кипящей воды. Смесь перемешивают стеклянной палочкой и определяют запах.

При оценке качества сухих яйцепродуктов определяют их кислотность (рН), растворимость и химический состав.

3.8.1. Определение массовой доли влаги

Ход определения. Образец сухого продукта массой 2 г, взятый с точностью до 0,01 г, помещают в предварительно высушенную и взвешенную бюксу. Высушивают образец при (180 ± 5) °С в течение 20 мин.

Массовую долю влаги $\omega_{\text{вл}}$, %, вычисляют по формуле

$$\omega_{\text{вл}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \cdot 100,$$

где m_1, m_2 — масса бюксы с образцом соответственно до и после высушивания, г;

m — масса бюксы, г.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать $\pm 0,25$ %.

3.8.2. Определение массовой доли жира в жиромере

Ход определения. Образец сухого яичного порошка массой 10 г, взятый с точностью до 0,001 г, растирают в ступке с 20...25 мл дистиллированной воды при 18 °С и переносят в мерную колбу вместимостью 100 мл. Колбу доливают до метки дистиллированной водой и содержимое тщательно перемешивают в течение 3...5 мин.

10 мл серной кислоты (плотность 1,5 г/см³) наливают в жиромеры, туда же добавляют 11 мл ранее приготовленного раствора яичного порошка и 1 мл изоамилового спирта и помещают образцы на водяную баню. Температура водяной бани должна быть 55–60 °С.

Массовую долю жира $\omega_{\text{ж}}$, %, вычисляют по формуле

$$\omega_{\text{ж}} = \frac{1,01133 \cdot a}{m_0} \cdot 100,$$

где 0,011133 — количество жира, соответствующее одному малому делению жиромера, г;

a — высота столбика жира по шкале жиромера;

m_0 — масса образца, г.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать $\pm 0,5$ %.

3.8.3. Определение кислотности

Кислотность сухих яйцепродуктов зависит от свойств сырья, режимных параметров пастеризации и сушки, при которой может выделяться диоксид углерода.

Метод основан на нейтрализации свободных кислот, содержащихся в водном растворе сухих яйцепродуктов, гидроксидом натрия или калия в присутствии индикатора.

Ход определения. Образец яичного порошка массой 5 г (или 2,5 г сухого белка, или 10 г сухого желтка), взятых с точностью до 0,001 г, растирают в ступке с небольшим количеством дистиллированной воды комнатной температуры в течение 3...5 мин.

Количественно переносят в мерную колбу вместимостью 250 мл и объем доводят до метки дистиллированной водой. Закрыв колбу пробкой, содержимое взбалтывают 25...30 мин на аппарате для встряхивания.

20 мл смеси помещают в коническую колбу емкостью 100 мл, приливают 20 мл дистиллированной воды и титруют 0,01 М раствором гидроксида натрия в присутствии фенолфталеина до появления розово-оранжевой окраски.

Кислотность сухих яйцепродуктов выражают в градусах Тернера (°Т).

Титруемую кислотность ТК, °Т вычисляют по формуле

$$TK = \frac{V_1 \cdot K \cdot 250 \cdot 100}{m_0 \cdot V \cdot 10},$$

где V_1 — объем 0,01 М раствора гидроксида натрия, пошедшего на титрование, мл;

K — коэффициент пересчета на точно 0,01 М раствор гидроксида натрия;

m_0 — масса образца продукта, г;

V — объем смеси, взятой для титрования, мл;

10 — коэффициент перевода 0,01 М раствора в 0,1 М.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать $\pm 0,3$ °Т.

Значение рН определяют в 1 %-ном растворе сухого белка при температуре (20 ± 2) °С потенциометрическим методом.

Допустимое расхождение между параллельными определениями не должно превышать $\pm 0,2$.

3.8.4. Определение растворимости

Растворимость сухих яйцепродуктов зависит от степени денатурационных изменений белков, возникающих в процессе сушки и хранения высушенного продукта. Уменьшение растворимости сказывается на понижении пенообразующей способности белкового раствора. Растворимость определяют арбитражным и экспресс-методом. Метод основан на определении содержания сухих веществ в водном растворе после экстракции навески дистиллированной водой и отделения нерастворимых веществ центрифугированием.

Ход определения. Образец продукта (яичного порошка около 5 г, сухого яичного белка 2,5 г, сухого яичного желтка 10 г), взвешенный с точностью до 0,001 г, растирают в ступке с небольшим количеством дистиллированной воды комнатной температуры в течение 3...5 мин, количественно переносят в мерную колбу вместимостью 250 мл. Объем доводят до метки дистиллированной водой. Весь раствор переливают в мерную колбу вместимостью 50 мл. Закрыв колбу пробкой, содержимое колбы взбалтывают 30 мин вручную или 25 мин на аппарате для встряхивания.

Для отделения нерастворимой части порошка часть содержимого колбы после перемешивания центрифугируют 20 мин при 17 с^{-1} . В широкий стаканчик или чашку Петри, предварительно высушенные и взвешенные, помещают 20 мл центрифугата, выпаривают и сушат при температуре $(103 \pm 2)\text{ }^\circ\text{C}$ до постоянной массы. Первое взвешивание проводят через 2 ч, каждое последующее — через 1 ч.

Растворимость яичного порошка P , в % в пересчете на сухое вещество вычисляют по формуле

$$P = \frac{m \cdot 250 \cdot 100 \cdot 100}{m_0 \cdot V \cdot (100 - \omega)},$$

где m — масса сухого остатка после высушивания, г;
 V — объем центрифугата, взятый для высушивания, мл;
 m_0 — масса образца продукта, г;
 ω — влажность сухого яйцепродукта, %.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать $\pm 0,5\%$.

Экспресс-метод определения растворимости. Растворимость определяют по индексу растворимости. Метод основан на определении разности показателей преломления исследуемого раствора и 5 %-ного раствора хлорида натрия. Измерения проводят с помощью рефрактометра.

Ход определения. Образец яичного порошка массой 5 г, взятый с точностью до 0,01 г, помещают в сухую колбу вместимостью 200...250 мл, туда же добавляют 25 мл предварительно приготовленного 5 %-ного раствора хлорида натрия. Содержимое колбы взбалтывают на аппарате для встряхивания или вручную в течение 20 мин.

После 5 мин отстаивания берут пипеткой одну — две капли раствора и помещают в рефрактометр. Определяют показатель преломления исследуемого раствора. Затем измеряют показатель преломления 5 %-ного раствора хлорида натрия.

Индекс растворимости рассчитывают по формуле

$$\text{ИР} = (\Pi_1 - \Pi_2) \cdot 1000,$$

где P_1 и P_2 — показатели преломления соответственно исследуемого раствора и 5 %-ного раствора хлорида натрия; коэффициент пересчета рефракционного индекса 1000 — на растворимость.

Растворимость яичного порошка определяют по индексу растворимости в соответствии с нормами, указанными в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Растворимость сухого яичного порошка

Индекс растворимости	Растворимость, %	Индекс растворимости	Растворимость, %
15	77,8	22	90,1
15	79,5	23	91,7
17	81,2	24	93,4
18	83,1	25	95,3
19	84,9	26	97,0
20	86,5	27	98,8
21	88,2		

Допустимое расхождение между параллельными определениями не должно превышать $\pm 0,5$ %.

Контрольные вопросы к разделу 3

1. Что такое порча мяса? Дайте краткую характеристику основных ее стадий.
2. Процесс гниения мяса. Основные химические реакции и продукты распада. Их влияние на качество мясного сырья.
3. В чем заключаются окислительные изменения мяса?
4. Что такое загар мяса? Перечислите возможные причины его возникновения.
5. Как изменяется гистологическая структура мяса при холодильном хранении?
6. Охарактеризуйте строение и состав куриного яйца.
7. Перечислите основные изменения куриного яйца при холодильном хранении.
8. Дайте краткую характеристику процесса гниения яиц.
9. Плесневение яиц и основные инфекции, передающиеся через яйцо.
10. Охарактеризуйте основные способы переработки яиц. Состав сухого яичного порошка и яичного меланжа.
11. Дайте краткое описание изменений состава и свойств сливочного масла при холодильном хранении.

12. Влияние ферментативных и окислительных изменений на качество сливочного масла.

13. Дайте характеристику понятия «степень свежести» мяса.

14. Перечислите основные характеристики органолептической оценки свежести мяса.

15. Какие показатели используют для комплексной оценки свежести мяса?

16. Перечислите основные характеристики органолептической оценки свежести мяса и жира тушек птицы.

17. В чем состоят особенности оценки свежести охлажденной птицы?

18. Перечислите основные показатели качества сливочного масла.

19. Охарактеризуйте основные показатели качества сухих яйцепродуктов.

РАЗДЕЛ 4. ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗАМОРОЖЕННОГО СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИИ

Целью понижения температуры пищевого сырья животного происхождения является сохранение его качества в течение как можно более длительного времени.

При замораживании продуктов животного происхождения в них происходят сложные физико-химические, гистологические, коллоидно-биохимические и микробиологические изменения, которые приводят к изменениям их исходных свойств. Особенности этих изменений определяются фазовым переходом воды в лед и повышением концентрации веществ, растворенных в жидкой фазе.

Существуют различные теории, объясняющие причины повреждения клеток при замораживании (физическая, осмотическая, химическая и др.).

Физическая (механическая) теория утверждает, что главной причиной повреждения живой клетки при замораживании являются кристаллы льда. Эта теория рассматривает несколько видов повреждения клеток:

- в результате разрыва оболочки протоплазмы под влиянием увеличения объема клетки при замораживании;
- вследствие повреждения клеток кристаллами льда, образовавшимися в межклеточных пространствах;
- путем повышения давления на клетки и сжатия протоплазмы под влиянием образовавшегося льда;
- в результате плазмолиза и диаплазмолиза при замораживании, когда протоплазма клетки отделяется от клеточных стенок.

Основной причиной повреждения клеток считается внутриклеточное кристаллообразование. Чем ниже температура и быстрее замораживание, тем менее выражено изменение морфологической структуры тканей.

В зависимости от условий замораживания кристаллы образуются внутри или вне клетки. При этом если замораживают ткань, кристаллы располагаются в межклеточном пространстве, если замораживают отдельные клетки — на их поверхности. Размеры и характер распределения кристаллов в тканях и связанная с этим

степень разрушения морфологических структурных элементов определяют размеры потерь тканевой жидкости (клеточного сока) при размораживании и последующей механической обработке.

Химическая теория объясняет повреждение клеток и тканей влиянием химических факторов, вызывающих коагуляцию белков протоплазмы и гидролиз веществ, составляющих основу структурно-опорной ткани. Во время замораживания происходит изменение рН. Увеличение рН может привести к тому, что во время замораживания рН может достичь изоэлектрической точки выпадения белков или приблизиться к ней. Изоэлектрическая точка глютенина и яичного белка находится около рН 4,8, оксигемоглобина — около рН 6,8.

Даже при температуре хранения $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ в мясе продолжают процессы, вызывающие физические, химические и биохимические изменения его тканей.

К *физическим* процессам относят потерю массы, усушку, перекристаллизацию льда, вследствие которой изменяется структура тканей и цвет мяса.

При длительном хранении мороженого мяса вследствие испарения и сублимации влаги происходят потери массы и обезвоживание поверхности мяса.

В процессе хранения мороженого мяса происходит изменение структуры льда, заключающееся в оттаивании мелких кристаллов и росте крупных. Перекристаллизация сопровождается увеличением кристаллов в межволоконном пространстве, что, в свою очередь, ухудшает гистологическую структуру мяса и его качество. Поэтому для уменьшения степени перекристаллизации льда в тканях мяса необходимо устранить колебания температуры в камере хранения.

Цвет мороженого мяса становится более темным за счет частичного обезвоживания поверхностных слоев в результате усушки, повышения концентрации красящих пигментов и продуктов их распада, окислительных процессов в подкожных липидах.

Помимо физических изменений в мороженом мясе при хранении протекают *биохимические* и *химические* процессы, заключающиеся в гидролитических и окислительных изменениях липидов, гидролизе и денатурации белковых веществ. Глубина и направленность этих изменений зависят от химического состава и условий хранения замороженного мяса. Так, для мяса с высоким содержанием липидов более характерны изменения в результате гидролитических и окислительных изменений липидов, для тощего мяса — гидролитические и денатурационные изменения белковой системы.

Окислительные процессы в жировой и мышечной тканях замороженного мяса активирует образование обезвоженного поверхностного слоя. В жировой ткани мяса под действием ферментов развиваются гидролитические и окислительные процессы. Накопление

в мясе продуктов гидролиза и окисления липидов не только ухудшает его вкус и аромат, но и способствует образованию токсичных соединений. Изменение жировой ткани в большинстве случаев, за исключением нежирной говядины, играет решающую роль для сроков хранения мяса в замороженном состоянии.

Изменения белковых веществ замороженного мяса связаны с углублением степени денатурации белков и их ферментативным гидролизом. Причем основным фактором, влияющим на денатурацию мышечных белков во время холодильного хранения мяса, является гидролиз тканевых липидов. Образующиеся при гидролизе липидов ненасыщенные жирные кислоты взаимодействуют с миофибриллярными белками, образуя нерастворимые белково-липидные комплексы. Растворимость белков актомиозинового комплекса, а значит и водосвязывающая способность мяса постепенно снижаются.

В основе биохимических процессов лежит деятельность ферментов. Замораживание, хотя и не полностью, тормозит ферментативную активность: наиболее чувствительна к низким температурам группа протеолитических ферментов, которые утрачивают активность при температурах ниже $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Липолитические ферменты — липаза, липоксидаза, фосфолипаза и др. — утрачивают активность при температурах ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Стабильность температурного режима хранения мороженого мяса — основной фактор, определяющий интенсивность протекания биохимических процессов.

4.1. ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ЗАМОРАЖИВАНИИ И ХРАНЕНИИ В ЗАМОРОЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

Оценивая холод как средство консервирования пищевого сырья, следует отметить, что его применение позволяет или существенно замедлить, или полностью приостановить развитие микроорганизмов. Хранение замороженного мяса при низких отрицательных температурах ведет к постепенному уменьшению численности микроорганизмов, однако полной стерильности не наступает.

Используемые на практике низкие температуры замораживания и хранения мясного сырья резко замедляют развитие автолитических процессов, но не исключают их окончательно. Холод не приостанавливает окислительных изменений, вызывающих порчу продуктов животного происхождения, но они практически исключены, когда применяют упаковку под вакуумом в паро-газонепроницаемую тару. Действие холода носит временный характер — оно прекращается, если отсутствует необходимая температура.

Выбор способа и условий замораживания и хранения замороженных мясопродуктов обусловлен необходимостью сохранения высокого качества, санитарно-гигиеническими требованиями и экономичностью. В этом смысле первостепенное значение имеют состояние продукта перед замораживанием, скорость и глубина замораживания, вид и состояние теплоотводящей среды и наличие или отсутствие контакта продуктов с этой средой.

4.1.1. Изменение микроструктуры тканей мяса при замораживании

Замораживание мяса является сложным процессом. Возникающие при замораживании изменения характеризуются появлением нового структурного компонента — кристаллов льда — и изменением общего вида и толщины мышечных волокон. Кристаллы в мясе образуются за счет переноса кристаллизующейся жидкости из тканевого сока.

Распределение вымерзшей воды в мясе тем неравномернее, чем глубже расположен слой. Процесс замораживания выражается в образовании трех структурно разных зон, начиная с поверхности замораживаемого отруба мяса. Структурные зоны, возникающие в процессе замораживания мяса, влияют на его вкусовые качества. В зависимости от режима замораживания можно изменять структуру зон и тем самым улучшать органолептические показатели мяса.

Поверхностная зона состоит из компактно уложенных мышечных волокон толщиной 15,6 мкм, что в 3—4 раза тоньше обычных волокон парного мяса. Все волокна этой зоны сохраняют плотное расположение и поперечную исчерченность.

Во второй зоне, средней по глубине, резко отличающейся от первой, многие мышечные волокна сильно фрагментированы и в значительной степени деформированы. Располагаются они рыхло, и в промежутках между ними часто обнаруживаются просветы с неровными краями. Ширина второй зоны при замораживании парного мяса 1—2 мм. Эту зону следует считать зоной сравнительно интенсивной кристаллизации водной фазы. Энергичные процессы кристаллизации являются причиной рыхлого и хаотического расположения мышечных волокон, их фрагментации и деформации. Толщина волокон во второй зоне 27,4 мкм, т. е. почти в 2 раза больше, чем в первой.

Толщина мышечных волокон в третьей зоне около 34 мкм. Кристаллы льда, расположенные в волокнах третьей зоны, прежде всего, разрыхляют, а затем по мере роста спрессовывают отдельные пучки миофибрилл, оттесняя их к сарколемме. Кроме того, формируя внутри волокна каналы, они повреждают его структуру.

В связи с этим в волокнах, содержащих кристаллы льда, раньше начинает исчезать поперечная исчерченность.

Характер распределения кристаллов льда, их количество, форма, размер, структура и связанная с ними степень разрушения морфологических элементов мышечных волокон и других частей мяса в основном зависят от режимов и способов замораживания.

При медленном замораживании с образованием крупных кристаллов вне клеток может быть повреждена исходная структура клеток вследствие нарушения проницаемости мембран и механического разрушения клеточных оболочек кристаллами льда. Быстрое замораживание значительно предотвращает диффузионное перераспределение влаги и растворенных веществ и способствует образованию мелких, равномерно распределенных кристаллов льда.

Общий вид кристаллов в разных мускулах различен. Так, кристаллы между волокнами в длиннейшем мускуле спины даже через 1 сут после замораживания получаются крупные, длинные и с неровными краями. Подобные кристаллы сильно деформируют расположенные с ними по соседству мышечные волокна. Поэтому в замороженном мясе длиннейшего мускула спины часто обнаруживаются фрагментированные волокна с сильно изрезанными и изуродованными краями.

В глубоких слоях мяса, замороженного при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, в зоне локализации кристаллов льда наблюдаются значительные ультраструктурные изменения. Они характеризуются деформацией и разрывами миофибрилл мышечных волокон, деструкцией саркоплазматического ретикулума, локальными распадами сарколеммы, разрыхлением и частичным разрушением волокнистых структур соединительной ткани.

Более выраженное сжатие миофибрилл мышечных волокон в связи с образованием более крупных кристаллов наблюдается при замораживании ранее охлажденного мяса. В таком мясе в отличие от парного при образовании кристаллов льда происходят более значительное отслоение и локальные деструкции сарколеммы с выходом мелкозернистой белковой массы в межмышечное пространство.

В поверхностной зоне парного мяса, замороженного кусочками при $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, кристаллизация обнаруживается, в основном, в волокнах. Все волокна после замораживания становятся тоньше.

Помимо внешних условий замораживания существенное влияние на структурные изменения мяса оказывают состав и свойства сырья. Состояние мембран и клеточных оболочек, их проницаемость, молярная концентрация растворенных веществ, степень гидратации белков определяют особенности распределения льда в системе, размер и форму кристаллов.

Например, высокая степень гидратации белков парного мяса, низкая проницаемость сарколеммы на этой стадии автолиза

препятствуют перемещению влаги из мышечного волокна при замораживании. Поэтому кристаллы льда сосредоточены внутри мышечного волокна. При замораживании мяса сразу же после убоя даже в обычных условиях (на воздухе при температуре около -24°C) мышечные волокна и межзоточная соединительная ткань, хотя и увеличиваются в объеме, но все же сохраняют присущие им внешние очертания и взаимное расположение. Структура мышечных волокон в основном сохраняется.

В ходе развития посмертных изменений мяса, когда уменьшается гидратация мышечных белков и увеличивается проницаемость мембран и клеточных оболочек, замораживание сопровождается значительной миграцией влаги в межволоконное пространство и образованием в нем крупных кристаллов льда. Если мясо заморожено в состоянии посмертного окоченения или оно начинается в период замораживания, фиксируется волнообразная конфигурация мышечных волокон в продольном разрезе, которая сохраняется даже после пятнадцатимесячного хранения. Саркоплазма имеет форму волнообразных наслоений (рис. 4.1, *а*). Соединительная ткань растянута кристаллами льда, но лишь на отдельных участках имеет разрывы, а между пучками и волокнами имеет частые разрывы. В продольном сечении (рис. 4.1, *б*) видны удлиненные кристаллы, повреждения сарколеммы, а иногда и разрывы мышечных волокон.

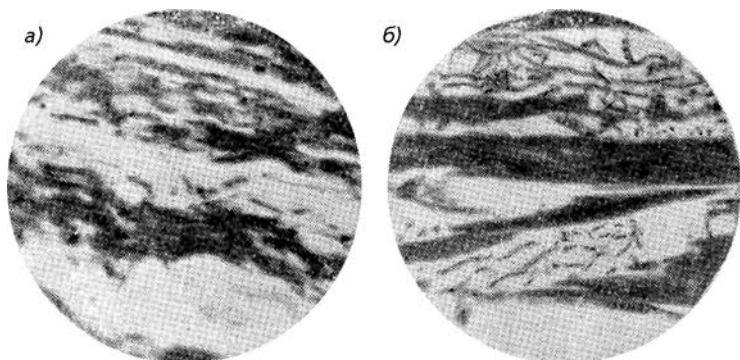


Рис. 4.1. Продольный разрез мышечной ткани под микроскопом:

а — мышечная ткань, замороженная в состоянии, близком к посмертному окоченению; *б* — мышечная ткань, замороженная после выдержки в течение 36–48 ч

Проведение холодильной обработки на ранних стадиях автолиза обеспечивает максимальное сохранение качества мяса.

4.1.2. Коллоидные изменения мышечных белков замороженного мяса

Процессы, происходящие в белковой системе мяса при замораживании и хранении мяса в замороженном состоянии, могут снизить его пищевую ценность и вкусовые достоинства вследствие потерь белковых и экстрактивных веществ после размораживания.

В таких сложных системах, какими являются протоплазма клеток и тканевые жидкости, вода связана с коллоидами мяса как растворитель, как дисперсионная среда тканевых зелей и как вода набухания гелей. Следовательно, разрушение коллоидных тканевых структур, т. е. коагуляция зелей и отбухание (синерезис) гелей предшествует перераспределению воды в процессе кристаллообразования. Степень разрушения тканевых структур тем выше, чем больше степень миграции воды, т. е. чем больше размеры образующихся кристаллов льда и меньше их число. Если кристаллы незначительны по размерам, они группируются вблизи мест их образования и коллоидные системы не претерпевают сильных разрушений, восстанавливаясь после размораживания.

Замораживание животных тканей сопровождается также изменением их тонкой структуры, которое обусловлено коллоидным состоянием дисперсных систем тканей, и прежде всего белковой системы. Причины этих изменений связаны с изменением электростатических свойств частиц дисперсной фазы (мицелл и макромолекул) и с разрушением структурированной сольватной оболочки. Изменение электростатических свойств частиц происходит вследствие увеличения концентрации остаточной жидкой фазы, содержащей электролиты. Уже при -3°C концентрация электролитов достигает величины, соответствующей ионной силе $0,8\text{ M}$ раствора хлорида калия. Степень увеличения концентрации электролитов зависит от глубины замораживания, а степень разрушения сольватной оболочки — от характера перераспределения воды между оболочками и макрокристаллами, т. е. от скорости замораживания. Глубина замораживания имеет для изменения коллоидного состояния белково-водной системы неизмеримо меньшее значение, чем перераспределение воды и частичное разрушение структурированных сольватных оболочек, которые тем меньше, чем больше скорость замораживания.

Ведущая роль в биохимических изменениях тканей мяса при замораживании отводится денатурации белков с их последующей агрегацией. Изменение нативного состояния мышечных белков при замораживании имеет существенные практические последствия, так как влияют на потери мясного сока при размораживании.

Увеличение концентрации тканевого сока при замораживании способствует ослаблению водородных связей, определяющих

исходное строение молекул белков. Это вызывает денатурационные изменения белков. Процесс является необратимым, так как денатурация белков сопровождается их коагуляционными превращениями.

Повреждающее действие замораживания зависит в значительной мере от гидратации белков к моменту замораживания мяса. Повышенная гидратация мышечных белков мяса с высоким значением рН (парное, DFD-мясо) понижает возможность их денатурации и агрегирования.

Напряжения в результате возникновения и роста кристаллов могут превышать энергию связей внутри белковых макромолекул и вызывать разрыв цепей, образующих белковый полимер, что приводит к разрушению. Это подтверждается дезагрегацией белковых частиц и увеличением поверхностного натяжения и электропроводности тканевой жидкости. Такое явление носит название криолиза. При криолизе возможно образование активных свободных радикалов. Этим, вероятно, объясняется усиление активности ферментных систем после размораживания тканей мяса.

Значительным превращениям при замораживании подвергаются миофибрилярные белки — миозин, актин, тропомиозин. Саркоплазматические белки более устойчивы к действию низких отрицательных температур.

Замораживание увеличивает тенденцию актина к переходу из глобулярной в фибриллярную форму. При замораживании мышечной ткани в жидком воздухе несколько снижается гидрофильность и растворимость мышечных белков, но не происходит сдвига их изоэлектрической точки. Это указывает на отсутствие денатурации основной массы белков.

К криоконцентрированию электролитов чувствительны липопротеиды мембран клеток, которые быстро разрушаются при замораживании. В результате этого создаются условия для вторичного взаимодействия белков и липидов. Образующиеся продукты гидролиза и окисления липидов присоединяются к белковым молекулам, блокируя их функциональные группы. При этом белки, особенно актомиозин, теряют растворимость.

Интенсивность и глубина денатурации белков находятся в зависимости от температуры. Поскольку дегидратация белков в большей степени происходит при температурах от -1 до -5 °С, то и наиболее существенные изменения белков происходят при тех же температурах. Поэтому для ослабления необратимой денатурации белков необходимо при замораживании как можно быстрее проходить «опасную» зону $-1...-5$ °С. Следует отметить, что денатурационные изменения в белковых структурах практически прекращаются при температуре -25 °С и ниже.

Степень денатурации белков можно снизить применением специальных веществ — криопротекторов: полисахаридов, сорби-тола, сахарозы, глюкозы, глицерина и других добавок. Существенный положительный эффект достигается при использовании в качестве криопротекторов фосфатов как отдельно взятых, так и совместно с сахарами.

Структурные изменения тканей замороженного мяса в процессе длительного хранения обусловлены ростом кристаллов, явлением «старения» белковых коллоидных систем, денатурационными изменениями белков. О степени денатурационных изменений судят по заметному увеличению содержания сульфгидрильных групп миозина.

О развитии денатурации свидетельствует постепенное снижение АТФ-азной активности миозина и смещение минимума набухания мышечных белков. Так, через 4 мес. хранения замороженной говядины обнаружен сдвиг минимума набухания на 0,2 единицы, а через 6 мес. хранения на 0,4 единицы рН в щелочную сторону. Смещение минимума набухания имеет и другое значение — изоэлектрическая точка белков мяса приближается к значению рН, которое характерно для мяса, хранящегося в замороженном состоянии. Это является дополнительной причиной снижения гидрофильности мышечных белков.

Денатурационные изменения белков во внешнем слое мороженого мяса, приобретающем губчатую структуру вследствие сублимации вымерзшей влаги, выражены гораздо значительнее. Эти изменения вызваны окислительными процессами под действием кислорода, проникающего в губчатый слой и контактирующего с белками. Гидрофильность поверхностного слоя резко снижается. При обработке он очень плохо обводняется и сохраняет повышенную жесткость.

В процессе хранения возрастают потери сухих веществ с мясным соком, хотя их относительное содержание в мясном соке имеет тенденцию к снижению (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Потери сухих веществ замороженного мяса при хранении

Говядина	Потери сухого вещества, %				
	Продолжительность хранения, мес.				
	2	8	12	15	18
I категории	—	1,59	1,74	1,65	1,80
II категории	1,47	1,91	1,97	2,00	2,08

Рост кристаллов льда оказывает разрушающее действие и на соединительную ткань. Однако поскольку основу структуры

соединительной ткани составляют волокнистые элементы, их разрушение приводит не к снижению, а к возрастанию гидрофильных свойств соединительной ткани за счет освобождения некоторого количества гидрофильных групп коллагена. Поэтому характер и степень изменения гидрофильных свойств мяса в процессе хранения зависит от относительного содержания в нем соединительной ткани. Гидрофильность мяса, содержащего большое количество соединительной ткани, в процессе хранения несколько возрастает.

4.1.3. Автолитические изменения замороженного мяса

Интенсивность автолитических процессов в тканях мяса при замораживании зависит от темпа снижения температуры и размеров объекта, а во время хранения — от температуры, которая определяет скорость ферментативных процессов и количество вымерзающей влаги в тканях. Чем быстрее замораживание, тем на более ранней стадии затормаживаются автолитические процессы.

Скорость и глубину развития автолитических процессов в период замораживания нельзя оценивать безотносительно размеров (толщине) замораживаемых отрубов. При очень быстром замораживании небольших кусков (толщиной 1–2 см) вымерзание влаги идет практически одновременно по всей глубине. Происходит как бы фиксирование того состояния мяса, в котором оно находилось перед замораживанием. Если, например, быстро заморозить небольшой кусок парного мяса, развитие посмертного окоченения в нем задерживается, а при его оттаивании оно наступает быстрее обычного.

Иначе обстоит дело при замораживании парного мяса в крупных отрубках. Температура в толще мяса надолго задерживается на уровне выше криоскопической точки, а затем близком к -2°C , когда происходит вымерзание большей части влаги. В условиях задержки понижения температуры в тканевой жидкости значительно увеличивается концентрация ионов кальция, что вызывает более раннее развитие посмертного окоченения, чем в обычных условиях. Подтверждением этого служит состояние мышечных волокон в мясе, замороженном в парном состоянии. В продольном сечении они имеют волнообразную извилистость. В поверхностных слоях мяса гликолиз задерживается на более ранней стадии, чем в глубине. При этом рН успевает снизиться только на 0,5 единиц.

Во внутренних слоях мышц к моменту их замораживания гликолитические процессы достигают большей глубины. Однако, несмотря на более раннее начало посмертного окоченения, уровень АТФ-азной активности миозина в мясе, замороженном в парном состоянии выше, чем в мясе, замороженном после охлаждения, что указывает на различия в глубине развития автолиза.

При очень медленном замораживании в глубоких слоях парного мяса возникает риск загара. Образующаяся ледяная корочка на поверхности мяса препятствует газообмену с внешней средой и накапливаемые в значительных количествах газообразные продукты автолиза задерживаются в мясе.

Резкое торможение автолитических процессов быстрым замораживанием в небольших отрубках мяса имеет первостепенное значение при консервировании эндокринного сырья, неустойчивого к тканевым ферментам.

При хранении замороженного мяса при низких отрицательных температурах автолитические процессы существенно замедляются, но не приостанавливаются. В пределах технологических температур (до -65°C) сохраняется общая направленность автолиза, т. е. продолжается распад тканеобразующих систем мяса. Скорость автолитических процессов в замороженном мясе снижается в соответствии с понижением температур хранения.

Скорость ферментативных процессов в процессе хранения мороженого мяса также зависит от скорости его замораживания. В быстрозамороженном мясе ферментативные процессы протекают с несколько большей скоростью, чем в мясе, замороженном обычным способом. Очевидно, это объясняется более равномерным распределением мелких кристаллов льда.

В замороженной мышечной ткани, несмотря на довольно значительное концентрирование тканевых жидкостей, большинство ферментов снижает свою активность, в том числе АТФ-аза миозина и некоторые гликолитические ферменты.

В табл. 4.2 приведены данные, характеризующие биохимические изменения наиболее лабильных систем мышечной ткани мяса, хранившегося при температуре $-11...-12^{\circ}\text{C}$, — углеводной и фосфорной.

При сохранении общей направленности автолитических процессов в замороженной мышечной ткани, их протекание все же приобретает некоторые особенности, которые проявляется в поведении лабильных фосфорных соединений.

Увеличение общего количества кислоторастворимых соединений фосфора свидетельствует о разрушении нерастворимых в воде органических фосфорсодержащих соединений за счет гидролиза фосфатидов. Увеличение количества растворимых неорганических соединений фосфора — показатель минерализации органических фосфорных соединений и, прежде всего, нуклеотидов (главным образом АТФ, АДФ и адениловой кислоты).

Распад гликогена в мороженом мясе резко замедляется в зависимости от темпов снижения температуры. В отличие от охлажденного мяса, количество гликогена в мороженом мясе спустя некоторое время после замораживания, увеличивается. Одновременно

с этим снижается содержание редуцирующих веществ. Количество гликогена в мороженом мясе тем больше, чем ниже температура хранения.

Таблица 4.2

Изменения углеводной и фосфорной систем замороженного мяса при хранении

Наименование	Содержание, мг/100 г		
	Продолжительность хранения, мес.		
	до хранения	2	4
Глюкоза	209	161	125
Молочная кислота	698	738	789
Кислоторастворимые соединения фосфора:	220	242	250
	41	53	55
	179	188	195
органические			
неорганические			

Замораживание мяса не приостанавливает гидролитических изменений белковой системы. Даже при -18°C в процессе хранения мяса обнаруживаются признаки глубокого гидролиза белков, о чем свидетельствует возрастание количества аминокислотного азота в тканях (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Накопление аминокислотного азота при хранении замороженного мяса

Вид мяса	Содержание аминокислотного азота, мг/100 г			
	Продолжительность хранения, мес.			
	2	8	15	18
Говядина I категории	56	72	80	96
Говядина II категории	62	67	80	82
Свинина мясная	—	59	88	98

Степень развивающихся изменений при хранении мороженого мяса определяется скоростью и температурой замораживания, состоянием ткани в момент замораживания, условиями и продолжительностью хранения.

Таким образом, для лучшей обратимости процессов мясо теплокровных и холоднокровных животных целесообразно замораживать до или после окоченения. Для мяса крупного рогатого скота, предназначенного для длительного хранения, используют замораживание в парном состоянии, а при непродолжительном хранении — после разрешения окоченения.

4.1.4. Изменения влагосвязывающей способности замороженного мяса

Гидрофильные свойства тканей мяса при замораживании имеют двойное значение. Во-первых, определяют водосвязывающую способность мяса к концу хранения, а во-вторых, влияют на количество тканевой жидкости (мясного сока), отделяющейся при размораживании и последующей механической обработке мяса.

Однако величина потерь мясного сока зависит не только от гидрофильных свойств тканей мяса, но и как указывалось выше, от степени разрушения их структуры.

Изменения гидрофильных свойств тканей мяса, вызываемые замораживанием, обусловлены главным образом разрушительным действием кристаллообразования на белково-водные коллоидные системы тканей и лишь отчасти — автолитическими изменениями. Поэтому при замораживании гидрофильность тканей практически всегда уменьшается. Степень этого уменьшения зависит от глубины развития автолиза тканей. В табл. 4.4 приведены данные, характеризующие величину влагосвязывающей способности мяса, замороженного на разных стадиях автолиза.

Таблица 4.4

Влагосвязывающая способность мяса, замороженного на различных стадиях автолиза

Продолжительность автолиза, ч	Влагосвязывающая способность мяса, %	
	В буферном растворе рН 6,4	В дистиллированной воде
2	62	12
24	46	6
120	51	3

Основной причиной изменения гидрофильных свойств тканей при замораживании является кристаллообразование. Степень их изменения зависит от скорости замораживания (табл. 4.5). На величину потерь мясного сока при замораживании влияют разрушение клеток и коллоидных белково-водных систем. Подтверждением этому является снижение абсолютных потерь ценных в пищевом отношении белковых и экстрактивных веществ при увеличении скорости замораживания и одновременное уменьшение их содержания в мясном соке.

Снижение потерь белковых веществ может быть связано только с уменьшением степени разрушения клеток, поскольку белковые вещества не проникают через их стенки. Снижение концентрации сока, или, иначе, увеличение относительного количества

влаги в нем, свидетельствует об уменьшении прочности связи влаги с белковыми веществами.

Таблица 4.5

Зависимость потерь мясного сока при размораживании от температуры замораживания мяса

Температура замораживания, °С	Влагосвязывающая способность (рН 6,4), %	Потери сока при размораживании, %	Дополнительные потери сока при центрифугировании. %
-10	38,3	12,4	11,5
-25	39,7	10,9	7,2
-43	52,0	9,2	3,8

4.1.5. Микробиологические изменения в замороженном мясе

В температурном диапазоне от -10 до -12 °С размножение микроорганизмов в основном подавляется. При замораживании обычно погибают вегетативные формы микроорганизмов, споры выживают, впадая в анабиотическое состояние.

Гибель микрофлоры при низких температурах происходит вследствие повреждения структуры клеточной протоплазмы и нарушения обмена веществ.

Количество микробных клеток, выживших при медленном замораживании, больше, чем при быстром. Однако многие из выживших микроорганизмов оказываются поврежденными и погибают в процессе хранения мороженого мяса.

При температуре $-20...-25$ °С в клетках полностью прекращаются ферментативные процессы и замедляется денатурация клеточных коллоидов. Скорость гибели микрофлоры по этой причине меньше, чем при $-10 -12$ °С. В связи с этим в процессе производства быстрозамороженных продуктов исключительно важно поддерживать высокий уровень личной и производственной гигиены.

Помимо живых микроорганизмов, опасность представляет действие ферментов, синтезированных микроорганизмами до их гибели. При снижении температуры активность ферментов уменьшается, но после размораживания снова восстанавливается.

4.1.6. Окислительные изменения замороженного мяса

Поверхностное высыхание замороженного мяса и замороженных мясopодуkтов при хранении имеет двоякое значение. С одной стороны, оно обуславливает усушку при замораживании

и хранении и благоприятствует усилению химических взаимодействий с внешней средой на поверхности продукта, которые сводятся к окислению кислородом воздуха.

Окислительные процессы затрагивают белковые вещества, липиды и некоторые экстрактивные вещества из числа наиболее лабильных, вызывая глубокие изменения мышечной, и в первую очередь жировой тканей.

Потемнение поверхности замороженного мяса при хранении вызвано концентрированием гемовых пигментов гемо- и миоглобина в результате обезвоживания внешнего слоя и окислительными изменениями простетической группы гема под влиянием кислорода воздуха.

Окраска мороженого мяса, хранящегося в обычных условиях, изменяется только по истечении примерно месячного срока хранения. Визуально она может быть обнаружена только при окислении 60 % гемовых пигментов.

Интенсивность окисления гемовых пигментов зависит от рН мяса. В условиях повышенной кислотности окисление протекает быстрее. Это особенно характерно для конины, содержащей высокий процент мышечного гликогена.

Окислению способствует действие света, особенно желтой части спектра 560...610 нм. В зеленом и красном свете окраска мяса изменяется медленнее. Ультрафиолетовая часть спектра ускоряет процесс окисления гема, так как вызывает денатурацию пигментов и отщепление простетической группы.

Окислительным изменениям подвергаются и липидные компоненты мышечного волокна. Вследствие окисления липидов в мясе и мясных продуктах могут накапливаться вредные вещества. С течением времени все более ослабевают присущие мясным продуктам запах и вкус, появляются и постепенно усиливаются посторонние привкусы, наиболее заметные в жировой ткани и прилегающих к ней слоях мышечной ткани.

Вначале появляются посторонние «старый», или «лежалый», запах и вкус. Затем запах становится неприятным. Жировая ткань приобретает салитый, а затем постепенно усиливающийся прогорклый вкус и запах. Изменения органолептических характеристик жира в результате его окислительной порчи даже на сравнительно ранних ее стадиях обуславливают пищевую непригодность жировой ткани и прилегающих к ней участков мышечной ткани.

Гидролитический распад тканевых липидов протекает с заметной скоростью даже при сравнительно низких температурах хранения. Скорость гидролитического распада резко меняется с понижением температуры хранения. Так, если прирост кислотного числа шпика свинины, хранившейся 12 мес. при -8°C , составил более 1,6, то при -18°C — всего 0,2. Увеличение кислотного числа

жира при обычных условиях хранения сопровождается повышением скорости окисления.

Данные, характеризующие гидролитические изменения липидов различных видов мяса, приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Динамика продуктов гидролиза липидов в мороженом мясе при хранении

Говядина	Кислотное число, мг КОН			
	Продолжительность хранения, мес.			
	2	8	15	18
I категории	1,10	1,40	—	1,58
II категории	0,93	1,50	1,54	1,92

При длительном хранении мороженого мяса более выражена окислительная порча жировой ткани — происходит распад перекисей и образование карбонильных соединений (альдегидов, кетонов и др.). Интенсивность накопления продуктов окислительной порчи липидов зависит от температуры хранения мороженого мяса (табл. 4.7).

Таблица 4.7

Накопление продуктов окисления липидов замороженного мяса при хранении

Показатель	Температура хранения, °С	До хранения	Продолжительность хранения, мес.				
			4	6	8	10	12
Оксикислоты, %	-8	0,08	0,23	0,28	—	1,28	1,37
	-18		0,20	0,22	0,28	—	0,35
Летучие кислоты, %	-8	0,75	1,4	1,5	3,0	3,6	3,9
	-18		0,95	0,95	—	0,96	1,05
Перекисное число, в мл тиосульфата на 1 г жира	-8	0,03	—	—	0,9	1,8	5,1
	-18		0,6	0,5	0,5	0,7	0,6

Решающее значение для развития окислительной порчи жира имеет его химическая природа. Жировая ткань свинины подвержена более ранним окислительным превращениям, чем жировая ткань говядины.

В табл. 4.8 приведены изменения перекисных чисел жира, характеризующих накопление первичных продуктов окисления жира (в мл 0,01 н. тиосульфата натрия на 1 г жира) для различных видов замороженного мяса, хранившегося при температуре -18 °С.

**Динамика перекисного числа замороженного мяса при хранении,
мл тиосульфата на 1 г жира**

Вид мяса	Продолжительность хранения, мес.				
	До хранения	8	16	20	24
Говядина	0	0,12	0,15	0,25	0,17
Баранина	0	0,11	0,12	0,22	0,23
Свинина	0	0,25	0,36	0,67	0,22

Перекисное число не дает объективной оценки о степени окислительной порчи замороженного мяса, особенно в тех случаях, когда мясо перед замораживанием длительное время выдерживалось при плюсовых температурах.

Скорость окислительной порчи жира зависит не только от его природы, но и от содержания естественных примесей в составе жировой ткани. Существенное значение имеют природные антиокислители — токоферол и каротин, содержащиеся, главным образом, в говяжьем жире. Поэтому даже для одного и того же вида жира скорость окислительной порчи неодинакова. Гематиновые компоненты мышечной ткани и крови — гемоглобин, миоглобин, цитохром — катализируют окисление жира. Вследствие этого жировая ткань плохо обескровленного мяса портится быстрее.

В зависимости от температуры хранения мороженого мяса количество водорастворимых витаминов в нем несколько уменьшается. Но и после длительного хранения (до 8 мес.) потери тиамина, рибофлавина, пантотеновой и никотиновой кислоты не выходят за пределы 18...34 % от их начального содержания. Менее устойчивы жирорастворимые витамины. Токоферол, в частности, разрушается почти полностью, что уменьшает сопротивляемость жира окислению. Довольно длительное время способен сохраняться витамин А.

4.1.7. Рекристаллизация льда в замороженном мясе

Преимущества быстрого замораживания могут быть сведены до минимума в результате процессов рекристаллизации (*рекристаллизации*), т. е. роста числа больших кристаллов льда в результате диффузии водяного пара, вызванной разницей давления пара над поверхностью кристаллов.

Увеличение размеров кристаллов льда происходит за счет растворения более мелких и роста более крупных, даже при сохранении температуры на строго постоянном уровне. Это явление

ние резко усиливается колебаниями температуры, неизбежными в практических условиях хранения мясопродуктов. Даже небольшое повышение температуры сопровождается таянием кристаллов, в первую очередь наиболее мелких.

Последующее понижение температуры приводит к повторному вымерзанию воды в условиях крайне медленного теплоотвода и к росту кристаллов льда. При температуре $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ и при незначительных ее колебаниях по истечении 5 мес. хранения в мясе хорошо заметно увеличение размеров кристаллов льда. Рост кристаллов сопровождается миграцией влаги, входящей в состав коллоидных систем в виде мельчайших кристалликов, в кристаллическую решетку крупных кристаллов, а также вызывает механические разрушения морфологических структурных элементов тканей, признаком которых является появление в мясном соке обрывков мышечных волокон.

Постоянные температурные колебания при хранении продуктов в замороженном состоянии приводит к полному исчезновению различий в величине кристаллов у медленно- и быстрозамороженных продуктов.

4.1.8. Изменение качества замороженной рыбы при хранении

При замораживании и последующем холодильном хранении изменяется соотношение белков в мышечной ткани рыб: уменьшается содержание растворимых миофибриллярных и саркоплазматических белков и увеличивается количество денатурированных. Мышечная ткань мороженой рыбы содержит в основном в равных долях миофибриллярные и саркоплазматические белки или первые превалируют над вторыми.

Белки мышечной ткани рыб быстрее подвергаются изменениям при замораживании, нежели белки мяса говядины или птицы. Изменения белков рыб в значительной степени зависит от их видовой принадлежности. Денатурация миофибриллярных белков разных видов рыб при температуре хранения $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ наступает через 8 ч у палтуса; через 6 ч у камбалы; через 4,5 ч у морского окуня; через 2–3 мес. у трески. Денатурационные изменения белков тканей рыб приостанавливаются около $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

При длительном хранении мороженой рыбы белки под действием ферментов подвергаются гидролитическому расщеплению, а образовавшиеся и имеющиеся в свободном состоянии аминокислоты — дальнейшему разложению путем гидролиза, окисления, декарбоксилирования и дезамминирования. В результате образуются оксикислоты, летучие жирные кислоты, моно-, диамины, аммиак, сероводород и другие соединения, которые

вливают на запах и вкус, при этом изменяются цвет и консистенция продукта. Таким образом, в мороженой рыбе постепенно накапливаются продукты распада белка, что служит признаком ее порчи.

Денатурация белков замороженной рыбы при длительном хранении связана с автолитическими изменениями внутритканевых липидов. Свободные жирные кислоты, накапливающиеся при гидролизе липидов, вызывают денатурацию белков. Чем больше липидов в мышечной ткани, тем выше критическая концентрация свободных жирных кислот, тем позднее наступает процесс денатурации.

Помимо белкового азота в рыбе находятся и небелковые азотистые вещества, растворенные в клеточной плазме и межклеточной жидкости и легко извлекаемые водой, что принимается во внимание при переработке и консервировании рыбы. Концентрация их в мясе рыбы невелика и составляет от 1,5 до 2,2 %, однако их роль очень значительна при формировании специфического вкуса и запаха рыбы. По сравнению с белками экстрагируемые вещества легче поддаются действию микроорганизмов. Считается, что от их количественного и качественного состава зависит скорость порчи рыбы. Среди этой группы наиболее важными являются азотистые основания, в том числе летучие: аммиак, моно-, ди- и триметиламин; и нелетучие: триметиламиноксид, бетаин, холин; аминокислоты, кислые амиды, производные гуанидина, имидазола и пурина.

При замораживании и хранении мороженой рыбы происходят различные превращения липидов под влиянием биологических, физических и химических факторов. В результате изменяется химический состав, ухудшаются органолептические показатели, снижается пищевая ценность рыбы.

Окислительной порче липидов способствует усушка рыбы, так как облегчает доступ кислорода к тканевым липидам. Быстрее всего окисляются липиды в подкожном слое, где они в большей степени контактируют с кислородом воздуха.

Процесс окисления липидов задерживается с понижением температуры хранения и применением защитных покрытий на рыбе — глазури или пленки. Поэтому жирных рыб рекомендуется хранить при температуре $-25...-30$ °С, а для их глазировки применять растворы антиокислителей и водорастворимых высокомолекулярных веществ: поливиниловый спирт (ПВС) марки 141 с различными модификаторами, карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ).

Цвет мышечной ткани рыб изменяется вследствие оптического преломления кристаллов льда разных размеров и форм. В случае быстрого замораживания тушки рыбы становятся бледнее и имеют желтоватый оттенок, а при медленном они приобретают темно-красный цвет. Сохранение структуры тканей при

замораживании является одной из основных задач холодильной технологии. Рыбу необходимо замораживать как можно быстрее после вылова, когда саркоlemma волокон еще достаточно эластична. В этом случае кристаллы льда, образующиеся внутри мышечных волокон, не разрушают оболочку.

В последние годы появилась тенденция к понижению температуры замораживания рыбы до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом необходимым условием является полное превращение воды в лед. Отсутствие капельно-жидкой влаги при низких отрицательных температурах приводит к тому, что субстрат становится неблагоприятной средой для развития микроорганизмов, однако процессы гидролиза и окисления липидов не прекращаются, в результате чего образуется ржавчина, снижающая пищевые качества рыбы. Поэтому жирные виды рыб необходимо замораживать до конечных температур $-25\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже.

4.1.9. Изменение качества замороженного мяса птицы при хранении

При замораживании и хранении мяса птицы заметно изменяются его свойства — цвет поверхности тушки, вкусовые свойства, потери при тепловой обработке, что связано с изменением состава белков и липидов.

Влагоудерживающая способность в мороженом мясе птицы, хранящейся при температуре $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, отличается от начального показателя уже к концу 2–3 мес. хранения. Это связано со взаимодействием активных групп белковых молекул с образованием прочных связей. В поверхностных слоях замороженного мяса птицы происходит сублимация льда, что приводит к обезвоживанию и образованию волокнистой и губчатой структуры мяса в поверхностных слоях тушек.

Большая активная поверхность обезвоженного слоя способствует интенсификации окислительных процессов и адсорбции посторонних запахов.

4.1.10. Изменение качества замороженных яйцепродуктов

Для длительного сохранения яичных продуктов применяют несколько способов их обработки: замораживание, сушка, добавление стабилизаторов. Во всех случаях исходным продуктом служат яичный меланж или белок и желток раздельно.

Яичный меланж является сложным биологическим комплексом. Высокая молекулярная масса белка и большая величина его

частиц придают ему значительную вязкость. При плюсовых температурах меланж быстро портится под действием не только бактерий, но и различных ферментативных процессов. При замораживании и хранении яичных продуктов в замороженном состоянии эти процессы замедляются.

Во время замораживания меланж претерпевает ряд физико-химических изменений. Меняется распределение воды и сухих веществ. Так как меланж начинает замерзать в разных слоях и у стенок банки, то содержание воды в этих местах, естественно, возрастает. В то же время происходит обезвоживание внутренних слоев меланжа. При медленном замораживании вода образует крупные кристаллы льда, что нарушает коллоидную структуру продукта. При размораживании он превращается в густую желеобразную массу, становится тягучим и слоистым. По мере хранения плотность яичной массы увеличивается.

Очень чувствителен к замораживанию яичный желток, представляющий собой сложную дисперсионную систему, образованную гидрофильными и гидрофобными коллоидами. Разрушения этой системы, вызываемые кристаллизацией воды, сопровождаются необратимыми коагуляционными явлениями, вследствие чего желток приобретает пастообразную консистенцию, желатинизируется. Образующиеся в меланже комочки впоследствии плохо растворяются в воде. Во время замораживания из лецитино-протеинового комплекса теряется значительное количество воды, и при последующем оттаивании она не реабсорбируется, в результате чего консистенция меланжа не восстанавливается.

Эти изменения мало заметны, если конечная температура замораживания не ниже -6°C . При более низких температурах они зависят от скорости замораживания.

Замораживание сопровождается денатурацией белковых веществ яичного меланжа, что приводит к увеличению рН и вязкости, а также к уменьшению стойкости пены. Потери общего белкового азота в процессе замораживания незначительны, однако содержание растворимых его форм существенно меняется в зависимости от применяемого режима. Потеря гидрофильных свойств белков меланжа сказывается на снижении их растворимости, изменении соотношений фракций азота, а также белковых фракций при электрофоретическом исследовании. Изменяются свойства белков яичного меланжа: с понижением температуры замораживания меняется соотношение отдельных белковых фракций.

В первый период хранения мороженых яичных продуктов, независимо от температуры хранения (не выше -6°C), изменения почти незаметны. Через 3–4 мес. хранения изменения становятся более заметными, причем их интенсивность увеличивается с каждым месяцем. Например, в течение 10 мес. хранения яичного

меланжа при -12°C его вкусовые показатели, степень окисленности и растворимость могут измениться гораздо значительно, чем за девять предыдущих месяцев хранения.

При размораживании яйца цвет оттаявшего белка становится более темным, желтка и меланжа — немного светлее. Незначительно снижается растворимость белка, желтка и меланжа. Ухудшаются функциональные свойства — белок образует более плотную и менее стабильную пену, желток и меланж хуже стабилизируют жировые эмульсии.

Продолжительное хранение яичных продуктов сопровождается заметными изменениями вкуса — они приобретают «старый», «лежалый» запах, появляется оттенок горечи. В яичном желтке и меланже увеличиваются показатели степени окисленности жира — перекисное, кислотное, тиобарбитуровое числа.

4.2. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗАМОРОЖЕННОГО МЯСА ПРИ ХРАНЕНИИ

4.2.1. Определение влагосвязывающей способности мяса методом Грау-Гамма

Состояние влаги в замороженном мясе влияет на его свойства, потерю массы при хранении и последующей тепловой обработке, а также на показатели качества вырабатываемых из него продуктов. Представление о состоянии влаги в мясе может быть получено путем отделения свободной влаги прессованием.

Влагосвязывающую способность мяса (ВСС) определяют по содержанию связанной воды, используя метод Грау-Гамма в модификации ВНИИМП.

Метод основан на определении количества отпрессовываемой влаги, которая впитывается фильтровальной бумагой, образуя влажное пятно. Размер пятна зависит от способности мяса удерживать воду.

Ход определения. Образец мясного фарша массой 0,3 г взвешивают на торзионных весах на кружке из полиэтилена диаметром 15...20 мм (диаметр кружка должен быть равен диаметру чашек весов), после чего его переносят на беззольный фильтр, помещенный на стеклянную или плексиглазовую пластинку, так, чтобы образец фарша оказался под кружком полиэтилена. Сверху образец фарша закрывают пластинкой такого же размера, как и нижняя, и устанавливают на него груз массой 1 кг на 10 мин. После этого снимают груз, освобождают фильтровальную бумагу

с образцом фарша от нижней пластинки и карандашом на фильтре очерчивают контур спрессованного мяса. Контур влажного пятна четко фиксируется при высыхании фильтровальной бумаги на воздухе.

С помощью планиметра определяют площади пятен, образованных спрессованным мясом и выделившейся влагой, впитанной фильтровальной бумагой. При отсутствии планиметра площадь определяют по среднему диаметру.

Размер влажного пятна вычисляют по разности между общей площадью пятна и площадью пятна, образованного спрессованным мясом. Экспериментально установлено, что 1 см² площади влажного пятна фильтра соответствует 8,4 мг воды.

Массовую долю связанной воды в мясе находят по формулам:

$$B = \frac{(A - 8,4B) \cdot 100}{M};$$

$$B_1 = \frac{(A - 8,4B) \cdot 100}{A},$$

где В — массовая доля связанной влаги, % к массе навески мяса;

В₁ — массовая доля связанной влаги, % к общей влаге;

А — содержание влаги в образце, мг;

8,4 — содержание влаги в 1 см² влажного пятна, мг;

В — площадь влажного пятна, см²;

М — масса образца фарша, мг.

Чтобы подготовить фильтровальную бумагу, беззольные фильтры диаметром 9...11 см предварительно выдерживают в течение 3 сут в эксикаторе над насыщенным раствором хлорида кальция для достижения массовой доли влаги 8...9 %.

4.2.2. Определение влагосвязывающей способности мяса методом центрифугирования

Для расчета ВСС необходимо определить содержание воды в полученном образце мяса, которое проводится путем высушивания навески (2...4 г) до постоянной массы под инфракрасной лампой.

Определение ВСС образца мяса проводится не менее чем в 3-х кратной повторности.

Ход определения. 10 г измельченного мяса переносят в стакан и приливают 30 мл дистиллированной воды. Смесь гомогенизируют в течение 90 с, полученную массу переносят в стеклянный

стакан на 100 мл и выдерживают в термостате при температуре 30 °С в течение 15 мин.

По окончании выдержки пробу переносят в центрифужные стаканы и центрифугируют при частоте вращения 3000 об/мин в течение 15 мин. После остановки центрифуги надосадочную жидкость сливают в предварительно взвешенный стакан и взвешивают.

Расчет ВСС проводят следующим образом.

Сначала определяют содержание воды в образце (M_1 , г) по формуле

$$M_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m},$$

где m — масса бюксы, г;

m_1 — масса бюксы с навеской до высушивания, г;

m_2 — масса бюксы с навеской после высушивания, г.

Количество воды, адсорбированное фаршем M_2 , г находят по формуле

$$M_2 = m_3 - m_4,$$

где m_3 — масса добавляемой к фаршу воды, г;

m_4 — масса жидкости, отделенной при центрифугировании, г.
ВСС, %, определяют по формуле

$$\text{ВСС} = \frac{M_1 + M_2}{m_5} \cdot 100,$$

где m_5 — масса навески фарша, г.

4.2.3. Определение содержания общего фосфора в замороженном мясе при хранении

Метод основан на реакции фосфора с молибденовокислым аммонием в присутствии гидрохинона и сульфита натрия с образованием окрашенного соединения, интенсивность окраски которого измеряют спектрофотометрическим методом.

Ход определения. 3 г измельченной пробы взвешивают на лабораторных весах с погрешностью не более 0,001 г и переносят в колбу Кьельдаля. В колбу наливают 15 мл серной кислоты, устанавливают ее в наклонное положение под углом 40° и нагревают в течение 5 мин на электрической плитке (колбонагревателе или газовой горелке). Колбу охлаждают, добавляют 10 мл перекиси водорода

и снова нагревают. Если раствор темнеет, добавляют еще 10–20 мл перекиси водорода и снова нагревают. Нагревают и добавляют перекись водорода до тех пор, пока раствор в колбе после кипячения в течение 15 мин будет светлым и прозрачным. После остывания горло колбы смывают дистиллированной водой из промывалки и нагревают содержимое до кипения.

Минерализацию пробы считают законченной, если бесцветная прозрачная жидкость не темнеет при охлаждении.

Содержимое колбы количественно переносят в мерную колбу вместимостью 250 мл, доводят дистиллированной водой до метки и перемешивают. Затем 4 мл минерализата из колбы вместимостью 250 мл переносят в мерную колбу вместимостью 100 мл и добавляют для нейтрализации свободной серной кислоты 1 н. раствор щелочи натрия. Необходимое количество раствора едкого натра устанавливают предварительным титрованием отдельной пробы *минерализата*. Для этого 4 мл минерализата помещают в коническую колбу вместимостью 100 мл и титруют из бюретки 1 н. раствором вормом NaOH в присутствии трех капель фенолфталеина. После этого в мерную колбу вместимостью 100 мл добавляют 2 мл раствора молибденовокислого аммония и 2 мл раствора гидрохинона. Через 10 мин вносят по каплям из пипетки 10 мл раствора карбонатульфита. Объем содержимого колбы доводят дистиллированной водой до метки и перемешивают.

Через 15 мин измеряют интенсивность развившейся синей окраски на спектрофотометре при длине волны 650 нм или на фотоэлектроколориметре с зеленым светофильтром в кювете с толщиной светопоглощающего слоя 1 см.

Содержание фосфора вычисляют с помощью градуировочного графика. Содержание общего фосфора ω_p , мг на 100 г продукта вычисляют по формуле

$$\omega_p = \frac{C \cdot 250 \cdot 100}{m \cdot 4},$$

где C — количество фосфора, содержащегося в 100 мл окрашенного раствора, найденное по градуировочному графику, мг;

m — масса испытуемой пробы, г;

4 — количество минерализата, взятое для цветной реакции, мл;

250 — общий объем минерализата, мл.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов трех параллельных определений.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 10 мг фосфора на 100 г продукта.

Подготовка к испытаниям

1. Приготовление раствора карбонатасульфита.

Раствор I. 40 г углекислого безводного натрия растворяют в 200 мл дистиллированной воды.

Раствор II. 7, 5 г сернистоокислого натрия растворяют в 50 мл дистиллированной воды.

К раствору II постепенно добавляют раствор I, перемешивают и фильтруют через бумажный фильтр. Приготовленный раствор карбонатасульфита хранят в склянке из темного стекла не более одного месяца при комнатной температуре.

2. Приготовление раствора молибденовокислого аммония.

Раствор I. 25 г молибденовокислого аммония растворяют в 300 мл дистиллированной воды.

Раствор II. 7, 5 мл серной кислоты растворяют в 125 мл дистиллированной воды.

Раствор II постепенно добавляют к раствору I и перемешивают.

Реактив хранят в плотно закрытой пластмассовой бутылке или в склянке из темного стекла при комнатной температуре в течение одного месяца.

3. Приготовление стандартного раствора фосфата.

4, 4,394 г фосфорнокислого однозамещенного калия вносят в мерную колбу вместимостью 1000 мл, растворяют в дистиллированной воде, объем доводят до метки дистиллированной водой, приливают пять капель хлороформа и перемешивают.

10 мл приготовленного раствора пипеткой переносят в мерную колбу вместимостью 500 мл, доливают дистиллированной водой до метки и перемешивают. Этот раствор является стандартным и содержит 0, 02 мг фосфора в 1 мл.

5. Построение градуировочного графика.

В мерные колбы вместимостью по 100 мл вносят следующие количества стандартного раствора в мл: 1; 2; 3; 4; 5; 6, что соответствует содержанию фосфора в колбах: 0, 02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,10; 0,12 мг.

Одновременно готовят контрольную колбу вместимостью 100 мл, в которую вносят вместо стандартного раствора фосфата 3 мл дистиллированной воды.

Во все колбы добавляют по 2 мл раствора молибденовокислого аммония и по 2 мл раствора гидрохинона. Через 10 мин добавляют по каплям пипеткой 10 мл раствора карбонатасульфита. Содержимое каждой колбы доводят до метки дистиллированной водой и перемешивают.

Через 15 мин измеряют интенсивность синей окраски растворов на спектрофотометре при длине волны 650 нм или на фотоэлектроколориметре с зеленым светофильтром в кювете с толщиной поглощающего свет слоя 1 см в отношении дистиллированной воды.

Из полученной величины оптической плотности стандартные растворы вычитают величину оптической плотности контрольного раствора.

По полученным средним данным из трех стандартных растворов выполняют построение градуировочного графика.

На оси абсцисс откладывают концентрацию фосфора (мг в 100 мл окрашенного раствора); на оси ординат — соответствующую оптическую плотность. Градуировочный график должен проходить через начало координат.

4.2.4. Определение цвета замороженного мяса при хранении

Окраска мяса определяет содержание миоглобина, состояние гемового комплекса и белковой части макромолекулы.

Миоглобин, содержащий гем с ферроином (Fe^{2+}) и не связанный с кислородом, называют дезоксимиоглобином (Mb).

Атомы железа гемовых групп молекулы миоглобина способны обратимо связывать молекулы кислорода, образуя при этом оксигемированный миоглобин — оксимиоглобин (MbO_2).

Образование MbO_2 приводит к изменению окраски мышечной ткани. Взаимодействуя с гемовым железом, кислород может замещаться оксидом азота, оксидом углерода и др.

Окисление Fe^{2+} в миоглобине до Fe^{3+} сопровождается изменением окраски пигмента и образованием метмиоглобина (MetMb). Метмиоглобин теряет способность связывать кислород.

Содержание и соотношение различных форм миоглобина определяют интенсивность и характер окраски продукта.

Пигменты мяса хорошо растворимы в воде и органических растворителях и легко экстрагируются, придавая соответствующим растворам определенный цвет. Интенсивность окраски прямо пропорциональна количеству пигментов. Измерив светопоглощение, легко определить концентрацию пигментов по калибровочному графику или используя рекомендуемые в конце работы расчетные формулы.

Принцип получения спектров поглощения окрашенных веществ, в частности пигментов мяса, состоит в спектроскопическом определении абсорбции (поглощении) света.

Формы миоглобина (Mb, MbO_2 и MetMb) можно идентифицировать с помощью спектрофотометрирования мышечных экстрактов.

Например, водный раствор Mb характеризуется специфическим спектром поглощения в видимой области. Максимум поглощения находится при длине волны 555 нм. Переход Mb в MbO_2 или MetMb сопровождается изменением спектрального профиля.

Использование спектров отражения позволяет анализировать производные миоглобина непосредственно в образце мышечной ткани без предварительной экстракции, что обеспечивает сохранение естественного соотношения производных.

Измерив поглощение монохроматического пучка света и получив процент отражения, рассчитывают коэффициенты поглощения (K) и рассеивания (S).

Относительные количества пигментов мяса определяют из отношения K/S при соответствующих длинах волн: $\lambda = 525$ нм — максимум поглощения для трех форм пигмента — дезокси-, окси- и метмиоглобина; $\lambda = 572$ нм — максимум поглощения для дезоксимиоглобина (Mb); $\lambda = 474$ нм — максимум поглощения для окси- (MbO_2) и метмиоглобина (MetMb). Используют следующие формулы:

$$X_{\text{MetMb}} = K/S_{572} \cdot K/S_{525};$$

$$X_{\text{Mb}} = K/S_{474} \cdot K/S_{525},$$

где K — коэффициент поглощения;

S — коэффициент рассеивания света.

Определение общего содержания пигментов в мышечной ткани мяса основан на их водным раствором ацетона и соляной кислоты с последующим фотометрическим измерением интенсивности окраски экстракта.

Ход определения. В коническую колбу с притертой пробкой, обернутую черной бумагой для предохранения от действия света, помещают навеску мышечной ткани (10 г). В колбу с навеской добавляют 10 мл раствора, состоящего из 40 мл химически чистого ацетона (плотность 0,795 г/мл), 2 мл дистиллированной воды и 1 мл концентрированной соляной кислоты.

Содержимое колбы растирают стеклянной лопаточкой до получения пастообразной кашицы, затем добавляют оставшийся раствор, которым и обмывают лопаточку. Колбу закрывают и выдерживают в темном месте в течение 1 ч, периодически перемешивая, после чего сливают содержимое колбы через складчатый фильтр в коническую колбу, обернутую черной бумагой. Экстракт — солянокислый гематин в 80 %-ном ацетоне содержит все пигменты. Для полного растворения жира к экстракту добавляют 1 мл трихлорэтилена и измеряют оптическую плотность раствора фотоэлектроколориметром при длине волны 540 нм с зеленым светофильтром в кювете толщиной слоя 10 мм относительно контрольного образца, представляющего собой смесь 40 мл ацетона, 10 мл воды и 1 мл трихлорэтилена. Растворы общего пигмента устойчивы и могут сохраняться в течение недели.

4.2.5. Определения содержания вторичных продуктов окисления липидов, реагирующих с 2-ТБК, в замороженном мясе при хранении

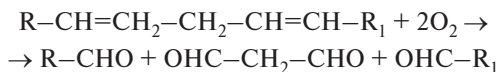
Тест с применением 2-тиобарбитуровой кислоты (2-ТБК) является самым распространенным и широко применяемым методом оценки степени окисленности липидов мясных продуктов.

Малоновый диальдегид (МДА) является продуктом распада перекисей, образующихся в мясопродуктах. МДА был тщательно исследован, так как именно он обладает высокой реакционной способностью по отношению к активным группам биологических молекул, таким как сульфгидрильные группы и аминокислоты белков, нуклеиновых и аминокислот. Как правило, в продуктах малоновый альдегид связан с биологическими материалами, поэтому перед экспериментом его необходимо выделить из мышечной ткани.

Впервые тест с 2-ТБК для оценки степени окисленности липидов мясных продуктов использовали Кон и Ливерседж. Особенность этой методики состоит в оценке количественного содержания МДА по концентрации продукта реакции с 2-ТБК. Окрашенный в розовый цвет хромофор, образующийся при взаимодействии 2-ТБК и малонового диальдегида в соотношении 2:1, имеет максимум поглощения при 532 нм. Ряд исследователей считают, что алкены и 2,4-алкадиены также могут реагировать с 2-ТБК с образованием окрашенного комплекса с максимумом поглощения в области 532 нм. Поэтому 2-ТБК-тест обычно используется для количественной оценки содержания веществ, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой.

В основе метода лежит образование вещества красного цвета при нагревании окисленных липидов с 2-тиобарбитуровой кислотой. Окраска вещества, полученного в результате этой реакции, обусловлена присутствием в окисленном жире малонового диальдегида.

Малоновый диальдегид образуется при окислении полиненасыщенных жирных кислот с изолированными двойными связями в результате разрыва углеродной цепи по месту двойных связей:



Образующийся в результате реакции с 2-ТБК триметиновый комплекс, содержащий одну молекулу МДА и две молекулы тиобарбитуровой кислоты, имеет характерный спектр поглощения с максимумом при $\lambda = 535$ нм.

Содержание продуктов окисления липидов, реагирующих с 2-ТБК, выражают в единицах оптической плотности или в мг

МДА на 1000 г продукта и обозначают как тиобарбитуровое число (ТБЧ).

Ход определения. Навеску измельченного мяса массой 1 г помещают в коническую колбу емкостью 100 мл, заливают 20 мл трис-НСl буфера (40 мМ, рН 7,4) и настаивают в течение 5 мин. Полученный экстракт фильтруют. Окисление липидов в экстракте останавливают 30 %-ным раствором трихлоруксусной кислоты ТХУ (соотношение объемов фильтрата и кислоты 1 : 1, например, 3 мл : 3 мл). Осадок отфильтровывают. Из полученного прозрачного раствора отбирают не менее 3 проб по 1,5 мл. К каждой пробе приливают по 0,3 мл 0,6 н. НСl и 1,2 мл 0,12 М раствора 2-ТБК в ледяной уксусной кислоте. Смесь нагревают на кипящей водяной бане в течение 10 мин.

Интенсивность окраски измеряют с помощью спектрофотометра при 535 нм. Полученное значение оптической плотности является ТБЧ.

4.2.6. Исследование тиолдисульфидной системы замороженного мяса при хранении

Сульфгидрильные (тиоловые) группы являются одними из наиболее активных полярных групп белковой молекулы. Реакционная способность тиоловых групп является функцией состояния макромолекул белка, которое может быть обусловлено развитием аутолитических процессов в мышечной ткани (образование актомиозинового комплекса) и денатурационными превращениями белков, сопровождающимися появлением свободных SH-групп.

Освобождение функциональных групп при денатурации белка влечет за собой изменение энергии взаимодействия молекул, вследствие чего возможно развитие агрегационных процессов. При образовании агрегатов не исключена вероятность возникновения межмолекулярных дисульфидных связей за счет окислительного взаимодействия тиоловых групп.

Для определения содержания SH-групп используется метод амперометрического титрования нитратом серебра. Метод основан на измерении силы тока в цепи, по изменению которой судят об удалении определяемого иона из сферы реакции.

В ходе титрования раствора тиолов азотнокислым серебром ионы серебра связываются SH-группами с образованием устойчивого меркаптида. Уравнение этой реакции:



В процессе титрования, пока не окажутся блокированными все SH-группы, сила тока в системе существенно не изменяется.

По достижении конечной точки титрования в растворе появляется избыток ионов серебра. При этом в электрическом элементе, состоящем из погруженных в титруемый раствор вращающегося платинового индикаторного электрода и электрода сравнения, возникает электрический ток, пропорциональный концентрации ионов серебра и измеряемый микроамперметром.

Содержание SH-групп в исследуемом растворе эквивалентно количеству нитрата серебра, затраченному на титрование.

Ход определения. Взвешивают на весах 3 г измельченного мяса с точностью до 0,001 г, помещают в стеклянный стакан, добавляя 30 мл дистиллированной воды. Смесь помещают в холодильник (4 ± 2)°С и выдерживают 30 мин, затем центрифугируют в течение 15 мин при 5000 об/мин.

Надосадочную жидкость декантируют и используют для проведения анализа.

В кювету для титрования вносят 2,5 мл надосадочной жидкости и 7,5 мл аммиачного буфера. Включают мешалку. После того как стрелка микроамперметра примет стабильное положение начинают титрование, добавляя по 0,05 (0,1) мл $2,5 \cdot 10^{-4}$ М раствора AgNO_3 . После каждой очередной порции титранта ждут, чтобы стрелка остановилась, отмечают соответствующее ее положению число делений шкалы и продолжают титрование. По достижении точки эквивалентности очередная порция титранта вызывает заметный скачок силы тока.

Сделав после этого еще 4–5 измерений, титрование прекращают, и по его результатам графическим способом находят количество нитрата серебра, затраченного на титрование раствора.

Для этого в прямоугольной системе координат строят график зависимости силы тока от объема титранта и соединяют эти точки двумя прямыми, которые пересекутся в конечной точке титрования. Перпендикуляр, опущенный из этой точки на ось абсцисс, указывает на искомый объем титранта.

Содержание SH-групп в 1 г фарша вычисляют по формуле

$$C_{\text{SH}} = \frac{0,25 \cdot V_{\text{AgNO}_3} \cdot V}{V_3 \cdot m},$$

- где C_{SH} — концентрация SH-групп, мкмоль/г;
 V_{AgNO_3} — объем $2,5 \cdot 10^{-4}$ М раствора AgNO_3 , затраченного на титрование, мл;
 V — объем приготовленного экстракта, мл, $V = 30$ мл;
 V_3 — объем экстракта, взятый для анализа, мл, $V_3 = 2,5$ мл;
 m — масса навески фарша, $m = 3$ г;
 0,25 — коэффициент пересчета (1 мл $2,5 \cdot 10^{-4}$ М раствора AgNO_3 эквивалентен 0,25 мкмоль SH-групп).

4.2.7. Исследование перевариваемости мяса и мясных продуктов *in vitro* при холодильном хранении

Одним из показателей биологической ценности белков является степень их усвоения. Под *усвояемостью* подразумевают разницу между количеством белкового азота, поступающего с пищей, и его количеством, выделяемым организмом в неусвоенном виде.

Усвояемость белков организмом человека связана со степенью их переваривания. Эффект процесса переваривания определяется активностью пищеварительных протеиназ и других ферментов, доступностью субстратов для их действия, структурно-механическими свойствами пищи. Поэтому важной является предварительная подготовка пищевых веществ, которая заключается в обработке их слюной и измельчении при пережёвывании, что в значительной степени зависит от качества продукта. Так, усвоение мясопродуктов зависит от вкуса и аромата, внешнего вида, содержания мышечной ткани и т. д.

Скорость переваривания белков в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) или атакуемость их протеолитическими ферментами является одним из основных показателей, определяющих биологическую ценность пищевых белков. Поэтому оценку качества мяса и мясопродуктов необходимо производить с учетом способности их к перевариванию в ЖКТ.

Для изучения ферментативной атакуемости белков предложен метод, в котором применяется последовательное воздействие протеиназ ЖКТ. При этом в качестве протеиназ обычно используют пепсин и трипсин. Этот метод позволяет искусственно создать условия, максимально приближенные к условиям живого организма.

Фермент желудочного сока *пепсин* наиболее легко гидролизует пептидные связи, в образовании которых принимают участие ароматические аминокислоты фенилаланин и тирозин, а также связи *ала-ала* и *ала-сер*. Пепсин переваривает мышечную ткань лучше, чем соединительную. Поэтому чем меньше в мясопродуктах соединительной ткани, тем меньше неперевариваемый остаток.

Фермент поджелудочного сока *трипсин* особенно легко расщепляет пептидные связи, в образовании которых участвуют аргинин и лизин. *Химотрипсин* с наибольшей скоростью расщепляет пептидные связи, образованные карбоксильными группами триптофана, метионина, фенилаланина и тирозина. В меньшей степени воздействию трипсина подвергаются саркоплазматические белки, в большей — миофибриллярные.

Пептидазы кишечного сока воздействуют на различные более короткие пептиды, возникающие в результате гидролитического расщепления пищевых белков под влиянием пепсина, трипсина и химотрипсина. Таким образом, в результате последовательного

воздействия всего комплекса ферментов желудочно-кишечного тракта переваривание белков заканчивается образованием свободных аминокислот.

В период послеубойного окоченения мышечной ткани мяса наблюдается заметное снижение переваримости. По мере созревания мяса ферментативная атакуемость миофибриллярных белков возрастает и, достигнув определенного значения, снижается. По численным значениям ферментативная атакуемость трипсином и химотрипсином белков замороженного и подмороженного мяса ниже, чем охлажденного.

Изменения ферментативной атакуемости белков охлажденной, переохлажденной и подмороженной мышечной ткани крупного рогатого скота и кур подчиняются одной закономерности и различаются только сроками достижения экстремальных значений. Эти сроки совпадают с определенными стадиями автолиза мышц.

Усвояемость аминокислот, так же как и переваримость белков, снижается в момент посмертного окоченения. Одной из причин снижения усвояемости аминокислот в стадии посмертного окоченения является уменьшение растворимости белков. Понижение температуры хранения замедляет снижение их усвояемости. Так, наименьшая степень усвояемости аминокислот при хранении переохлажденного мяса при -2°C отмечается на 5-е сут хранения и составляет 70,1 %, против 88,7 % в парном мясе.

Возможными причинами повышения устойчивости белков к воздействию пищеварительных ферментов в период посмертного окоченения могут быть возникновение специфических связей, не разрушаемых этими ферментами, и уменьшение доступности пептидных связей вследствие агрегирования белковых молекул.

Возрастание ферментативной атакуемости белков при разрешении окоченения и созревании мяса можно объяснить их изменением в результате увеличения рН и ослаблением связей между актином и миозином.

При принятых температурах замораживания и хранения компоненты тканей мяса подвержены ферментативным изменениям. Хранение мороженого мяса приводит к образованию короткоцепочечных фракций белков, и чем продолжительнее срок хранения, тем оно значительнее. Основными причинами деструктивных изменений белковых молекул при длительном хранении замороженного мяса являются процессы кристаллообразования и рекристаллизации. При этом глобулярные белки более устойчивы к повреждающему действию кристаллообразования, чем фибриллярные.

Глубина и направленность биохимических изменений зависят от химического состава и условий хранения замороженного мяса. Так, для мяса с высоким содержанием липидов более характерны изменения в результате гидролитических и окислительных про-

цессов липидов, для тощего мяса — гидролитические и денатурационные изменения белковых веществ.

Степень разрушения структурных элементов тканей зависит не только от скорости замораживания и продолжительности хранения, но и от глубины развития автолитических процессов в тканях к моменту замораживания.

Снижение ферментативной атакваемости белков при длительном хранении мышечной ткани является, очевидно, следствием воздействия нескольких факторов.

Снижение переваримости саркоплазматических белков может происходить из-за ингибирующего действия на этот процесс продуктов протеолиза белков. На поздних стадиях хранения мяса отмечается образование комплексов миофибрилярных белков с пептидами и мукополисахаридами внутримышечной соединительной ткани.

Важным является и то, что к концу хранения продукты окисления жиров могут взаимодействовать с миофибрилярными белками, в результате чего образуются соединения различной прочности. Соединение миофибрилярных белков в комплексы с различными компонентами ухудшает фермент-субстратные взаимодействия.

Особенность данного метода заключается в том, что действие протеиназ ЖКТ осуществляется *in vitro* в приборе, позволяющем проводить гидролиз в условиях непрерывного перемешивания среды и удаления низкомолекулярных продуктов гидролиза белка через мембрану. Скорость переваривания белка определяется по накоплению продуктов гидролиза в диализатах. Содержание продуктов гидролиза определяют по методу Лоури.

Ход определения. Метод определения перевариваемости *in vitro* замороженного мясного сырья и/или мясных продуктов заключается в проведении экспериментальных исследований, построении линейной зависимости содержания продуктов гидролиза от продолжительности процесса, расчета тангенса угла наклона полученных графиков к оси абсцисс и сравнения полученных значений с эталоном и расчетах коэффициента перевариваемости.

Первая часть работы заключается в исследовании перевариваемости белковых веществ основными ферментами ЖКТ человека (пепсин, трипсин) контрольного образца продукта. Расчет массовой доли белка в контрольном образце продукта производится с использованием справочных данных.

Вторая и третья часть работы посвящена исследованиям перевариваемости белковых веществ в образцах, прошедших холодильную обработку и хранение.

Процесс переваривания *in vitro* производят в специальном приборе (рис. 4.2), состоящем из внутреннего и внешнего стаканов,

разделенных мембраной, в присутствии пищеварительных ферментов: пепсина и трипсина.

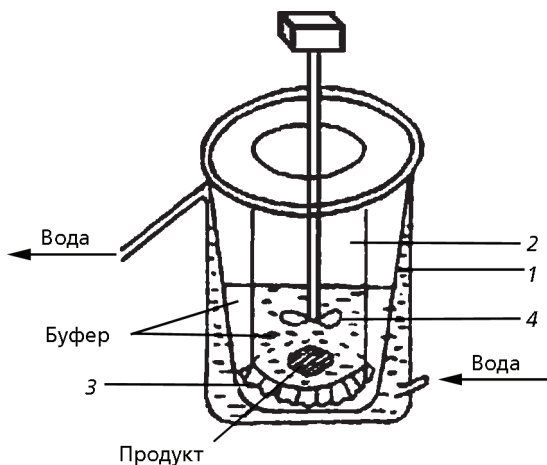


Рис. 4.2. Установка для определения перевариваемости белков:

1 — стакан внешний; 2 — стакан внутренний; 3 — мембрана; 4 — мешалка

Стакан (1) имеет рубашку, которая заполняется водой, поступающей из термостата с температурой $t = (37 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$. Донышко внутреннего стакана (2) представляет собой мембрану (3). Стакан (2) снабжен мешалкой (4).

Измельченную навеску массой 5 г (мясо убойных животных, мясо птицы, рыба, яйцопродукты и т. д.) тщательно растирают в ступке с небольшим количеством глицинового буферного раствора с рН 2,2 (общий объем буфера 50 см^3), количественно переносят во внутренний стакан, используя для смыва оставшийся буфер. В наружный стакан помещают глициновый буфер в таком количестве, чтобы уровень жидкости в обоих стаканах был одинаковым (100 см^3); прибор подключают к водяному термостату и после выравнивания температур во внутренний стакан вносят 100 мг ферментного препарата пепсина.

Через каждые 20 мин из внешнего стакана отбирают 3 пробы по 1 см^3 жидкости. Определение прироста продуктов гидролиза проводят по аминокислоте тирозину, который образует с реактивом Фолина синюю окраску. Для этого в каждую пробирку добавляют по 1 см^3 содержимого внешнего стакана (диализата) $5 \text{ см}^3 0,5 \text{ н. NaOH}$ и по 1 см^3 реактива Фолина. После перемешивания и 10-минутной выдержки определяют оптическую плотность

на спектрофотометре при длине волны $\lambda = 660$ нм. Раствором сравнения служит холостая проба (вместо 1 см^3 диализата в пробирку вносят 1 см^3 дистиллированной воды). Через 80 мин производят замену буферных растворов во внешнем стакане. Для этого пробу во внутреннем стакане нейтрализуют добавлением $0,5$ н. раствора гидроксида натрия ($3,5 \text{ см}^3$) до щелочной реакции среды, близкой к оптимальной для проявления действия трипсина.

Во внешний стакан после удаления кислого буферного раствора добавляют щелочной буферный раствор с рН 8,4 так, чтобы уровень жидкости в стаканах был одинаковым. После выравнивания температуры вносят 100 мг трипсина во внутренний стакан. Отбор проб, интервал их отбора, добавление реактивов, выдержка и определение оптической плотности проводится аналогично эксперименту с пепсином.

Накопление продуктов гидролиза выражают в условных единицах — мг тирозина/ дм^3 , полученное по градуировочному графику, приведенному в приложении, и представляющему собой линейную зависимость оптической плотности от концентрации тирозина ($\text{мг}/\text{дм}^3$).

Результаты экспериментов представляют в виде табл. 4.9.

Таблица 4.9

Сводная таблица результатов эксперимента

Время, мин	Оптическая плотность (D)				C , мг/ дм^3
	D_1	D_2	D_3	$D_{\text{ср}}$	
Переваривание с пепсином					
20					
40					
60					
80					
Переваривание с трипсином					
20					
40					
60					
80					

По результатам экспериментов строят график зависимости:

$$f(C) = \tau,$$

где C — содержание тирозина, мг/ дм^3 , полученное по калибровочному графику, приведенному на с. 170;

τ — время процесса переваривания, мин,

и находят линейное уравнение вида

$$C = x_1 \tau + x_2.$$

Определяют тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{C_2 - C_1}{\tau_2 - \tau_1},$$

где C_2 — содержание тирозина в конце процесса переваривания;
 C_1 — содержание тирозина в начале процесса переваривания;

τ_2 — время переваривания соответствующее C_2 ;

τ_1 — время переваривания соответствующее C_1 .

Определяют степень переваривания:

$$\text{СП}_{\text{пеп}} = \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \omega_6}{0,084}; \quad (1)$$

$$\text{СП}_{\text{трип}} = \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \omega_6}{0,167}, \quad (2)$$

где 0,084; 0,167 — эмпирические коэффициенты, учитывающие степень переваривания яичного белка, используемого в качестве эталона;

ω_6 — массовая доля белка в исследуемом образце, %.

Для мясного сырья (мясо КРС, птица, свинина) и продуктов его переработки (колбасы, мясные рубленые полуфабрикаты) производят расчет коэффициента перевариваемости белка

$$\text{КП} = \frac{10 \cdot \text{П}}{\text{Т}}, \quad (3)$$

где КП — коэффициент перевариваемости белка исследуемого объекта, выраженный в % к исходной массовой доле в нем тирозина;

П — перевариваемость белка исследуемого образца, выраженная в мг тирозина на 1 г белка;

Т — массовая доля тирозина в белке исследуемого объекта, г/100 белка (табл. 4.10);

10 — коэффициент пропорциональности, $\frac{\text{г белка} \cdot \text{г} \cdot \%}{\text{мг} \cdot 100 \text{ г белка}}$.

Содержание тирозина в мясном сырье

Наименование продукта	Содержание тирозина, г/100 г белка
Говядина	3,54
Баранина I кат	3,36
Свинина мясная	3,64

Содержание белка в мясном сырье приведено в табл. 4.11.

Содержание белка в мясном сырье, г на 100 г продукта

Говядина	Свинина	Баранина	Телятина	Куры I кат.	Утки I кат.
16,2–19,5	13,5–16,4	12,8–18,6	19,1–19,4	18,2	15,8

*Подготовка к испытаниям*1. *Приготовление реактива Фолина*

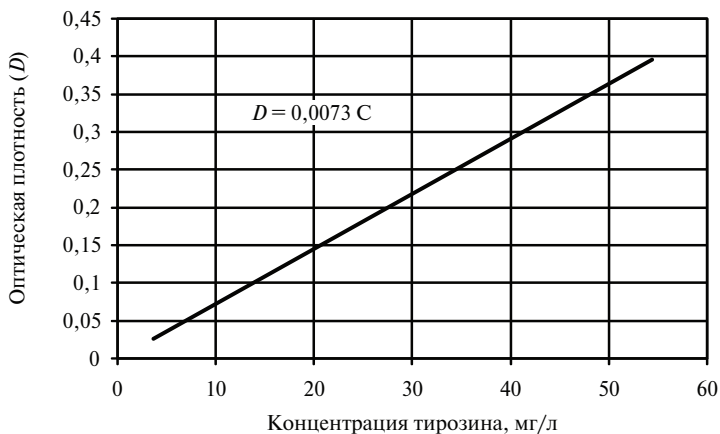
100 г вольфрамата натрия и 25 г молибдата натрия вносят в круглодонную колбу объемом 2 дм³ с пришлифованным обратным холодильником, добавляют 0,7 дм³ дистиллированной воды, 50 см³ раствора ортофосфорной кислоты (плотность 1,869 г/см³) массовой долей 85 % и 100 см³ концентрированной соляной кислоты: смесь кипятят на слабом огне на асбестовой сетке в течение 10 ч, охлаждают, переносят в коническую колбу на 250 мл, стенки колбы и холодильник ополаскивают 50 см³ воды, затем туда же добавляют 150 мг сульфата лития и 5 капель брома. Открывают колбу, нагревают и содержимое кипятят на слабом огне в течение 15–20 мин под тягой, чтобы удалить пары брома (раствор должен иметь желтую окраску, если раствор зеленый, то обработку бромом повторяют). После охлаждения объем раствора доводят дистиллированной водой до 1 дм³ и фильтруют через трубку Алина, заполненную стекловатой. Концентрацию кислоты проверяют титрованием разбавленного в 10 раз реактива Фолина раствором NaOH концентрацией 0,1 моль/дм³ по фенолфталеину. Раствор хранят в таре из темного стекла.

Рабочий раствор реактива Фолина готовят разведением основного в 2 раза.

2. *Приготовление буферных растворов.*

Глицериновый буферный раствор с pH 2,2 готовят следующим образом. 3,75 г гликокола и 3 см³ соляной кислоты растворяют в 0,5 дм³ дистиллированной воды в колбе на 1 дм³, объем раствора доводят до метки дистиллированной водой.

Глициновый буферный раствор с pH 8,4 готовят следующим образом: 3,75 г гликокола, 2,9 г NaCl и 25 см³ 0,1 н раствора NaOH растворяют в 0,5 дм³ дистиллированной воды в колбе на 1 дм³, объём раствора доводят до метки дистиллированной водой.



Калибровочный график для определения содержания продуктов гидролиза белков (в пересчете на тирозин)

4.3. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗАМОРОЖЕННОЙ РЫБЫ

Мороженая рыба — продукт, предназначенный для длительного хранения. Даже при хранении при температуре $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже в рыбе протекают процессы, вызывающие физические, химические и биохимические изменения в ее тканях.

Замораживание резко замедляет бактериологические процессы в тканях рыб, поскольку у большинства микроорганизмов, представляющих интерес для холодильной обработки гидробιονтов, температурный оптимум жизнедеятельности находится в пределах $20\text{--}40\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температурный минимум колеблется от 10 до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Однако необходимо иметь в виду, что развитие микроорганизмов при температуре ниже $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ остается возможным, что приводит к снижению качества мороженой рыбы и в конечном счете

к ее порче. При длительном хранении замороженной рыбы при температуре -8°C могут развиваться плесневые грибы, в результате чего на поверхности продукта появляются белые, серые или черные пятна, в толще накапливаются продукты обмена плесеней и появляется затхлый запах.

Таким образом, важным условием сохранения качества мороженого рыбного сырья является обязательное соблюдение принципа непрерывности холодильной цепи, т. е. предотвращение отепления продукта при хранении.

Объективными показателями состояния мышечной ткани как тощей, так и жирной рыбы является гистологическая структура и водоудерживающая способность мышечной ткани, а технологических свойств — белково-водный коэффициент.

Для объективной оценки состояния жира (липидов) мороженой рыбы рекомендуют определять содержание свободных жирных кислот (пересчетом кислотного числа жира), перекисных и карбонильных соединений.

4.3.1. Отбор проб мороженой рыбы

При массе экземпляра до 100 г для анализа берут 1 кг рыбы; при массе рыб от 100 до 500 г — не менее 5 рыб; при массе рыб от 2 кг до 5 кг и более — не менее 3 рыб, из них по 3 поперечных куска шириной не более 5 см, вырезанных из приголовной, средней и хвостовой частей тушки после разрезания ее по брюшку и удаления всех внутренностей.

Рекомендуется вместо нарезания кусков из целой рыбы сначала срезать с обеих сторон рыбы филе (вместе с кожей), тщательно отделяя при этом мясо от позвоночника и ребер.

Из отобранных образцов мороженой рыбы отбирают пробы на определение качественных показателей мышечной ткани. Для получения средней пробы липидов и анализа качественных показателей жира оставшуюся часть мороженой рыбы целиком или в виде кусков помещают в герметичный пакет из полиэтилена и размораживают в воде при температуре не более 15°C до температуры в толще тушки рыбы от -5 до -1°C . Медленное размораживание рыбы при комнатной температуре или в бытовом холодильнике не рекомендуется.

При разделке рыбу очищают от поверхностных загрязнений и чешуи, отделяют голову и плавники, разрезают тушку по брюшку и удаляют все внутренности, позвоночник, ребра и костные основания плавников.

Для определения показателей качества липидов отбирают образцы тканей рыб вместе с кожей. В случае мелких рыб (кильки,

салаки, хамсы и т. д.), когда отделение тканей затруднено, для анализа берут целые тушки. Во избежание получения искаженных результатов все операции по разделке рыбы и приготовлению жировых мисцелл следует проводить быстро.

У разделанных (потрошенных) лососевых и других крупных жирных рыб, для которых характерно окисление жира на разрезах и в брюшной части мышечной ткани, наряду с исследованиями средней пробы всего мяса, рекомендуется брать пробу мяса из указанных частей отдельно.

4.3.2. Органолептическая оценка рыбы (после размораживания)

После размораживания определяют внешний вид, цвет, качество разделки, запах, консистенцию и обезвоживание рыбы. Устанавливают наличие посторонних примесей.

Внешний вид. Поверхность чистая; допускается незначительное подкожное пожелтение, не связанное с окислением жира.

Цвет. Естественный, присущий данному виду рыбы.

Разделка. Правильная, без нарушений. Под «нарушением разделки» понимают наличие разрывов брюшка у непотрошенных рыб.

Запах. Свойственный данному виду рыбы, без постороннего запаха. Дефект «посторонние вкус или запах» означает наличие стойких пороков запаха или вкуса, являющихся признаками порчи, окисления и т. д.

Консистенция. После размораживания — плотная, присущая рыбе данного вида; после варки — нежная, сочная, присущая данному виду рыбы. Нарушение консистенции не допускается. Под «нарушением консистенции рыбы» понимается разложение рыбы вследствие нарушения структуры мышц, которая становится пастьобразной при отделении мяса от костей.

Обезвоживание. Не более 10 % от массы рыбы.

Обезвоживанием называют потерю продуктом тканевого сока, признаком которого является отсутствие блеска, наличие на поверхности рыбы белых или желтых пятен, проникших в толщу мяса рыбы. Обезвоживание после замораживания отлично от обезвоживания, наблюдаемого при холодильном хранении. Степень обезвоживания устанавливают визуально, пользуясь следующими терминами: «обезвоживание поверхности кожи и мяса»; «обезвоживание поверхности и мяса в местах разреза и под кожей, которое можно удалить соскабливанием»; «обезвоживание поверхности и мяса в местах разреза и под кожей, не удаляемое соскабливанием» (с указанием глубины обезвоживания).

Наличие посторонних примесей. Не допускается.

Под термином «посторонние примеси» понимаются вещества, которые не являются производными рыбы, не представляют угрозы для здоровья человека и легко распознаются без увеличения или присутствуют в количествах, определяемых любым методом.

4.3.3. Определение гистологической структуры мышечной ткани рыбы

При замораживании вследствие льдообразования мышечная ткань рыбы твердеет, меняет окраску и приобретает белесый оттенок из-за оптического эффекта светопреломления кристаллами льда и испарения влаги с поверхности в результате сублимации льда. Обезвоживание поверхности в этом случае не оказывает разрушающего воздействия на структуру ткани рыбы и не ухудшает ее качества. В условиях холодильного хранения мороженой рыбы происходят биохимические и физико-химические процессы, которые сопровождаются миграцией и рекристаллизацией влаги, которые вызывают изменение структуры мышечной ткани, а также ее разрушение.

Структура мышечной ткани определяется микроскопированием (увеличение в 50–100 раз) фиксированных срезов.

Работу по взятию проб следует проводить в холодильной камере при температуре не выше -8°C . Рыба, растворы, ножи, микроскоп, предметные стекла, микроскопические иглы должны быть охлаждены до температуры камеры.

Ход определения. Из средней пробы мышечной ткани рыбы вырезают прямоугольники размером 5×6 мм из приголовной, средней и хвостовой частей тушки. Затем прямоугольники закрепляются с помощью специального приспособления в микротоме. Для работы рекомендуется санные микротомы, с помощью которых нарезают поперечные и продольные срезы.

Направление волокон определяется с помощью микроскопирования фиксированных срезов.

Срезы с помощью микробиологических игл помещают в чашки Петри с охлажденным до -8°C 70 %-ным раствором этилового спирта не менее, чем на 1–2 мин. При этом срез должен находиться во взвешенном состоянии. Далее срез осторожно вылавливают предметным стеклом, окрашивают с помощью глазной пипетки 0,5 %-ным раствором кармина и промывают дистиллированной водой. Подготовленный срез заливают глицерином и микроскопируют.

4.3.4. Определение продуктов распада белковых веществ в замороженной рыбе при хранении

Метод определения аммиака, образующегося при гниении белковых веществ рыбы, основан на образовании видимого глазом облачка хлористого аммония, получающегося при взаимодействии аммиака с соляной кислотой:



Ход определения. В пробирку налить 2...3 мл смеси Эбера, закрыть пробкой и встряхнуть 2...3 раза. Вынуть пробку из пробирки и тотчас закрыть другой пробкой, через которую прота тонкая стеклянная палочка с загнутым концом, на котором прикреплен кусочек исследуемого мяса рыбы. Мясо рыбы следует вводить в пробирку так, чтобы не задеть стенок пробирки и чтобы оно находилось на расстоянии 1...2 см от уровня жидкости.

В присутствии аммиака в результате его реакции с соляной кислотой через несколько секунд образуется облачко хлористого аммония. Интенсивность реакции обозначается следующим образом:

«-» — реакция отрицательная: белое облачко не образуется;

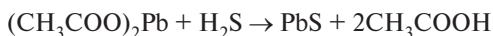
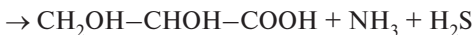
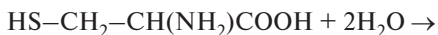
«+» — реакция слабо положительная: быстро исчезающее расплывчатое облачко;

«++» — реакция положительная: устойчивое облачко, появляющееся через несколько секунд после внесения мяса рыбы в пробирку с реактивом;

«+++» — реакция резко положительная: облачко появляется немедленно по внесению мяса рыбы в пробирку с реактивом.

По интенсивности реакции судят о степени распада белка мяса рыбы, а следовательно, и о безопасности продукта.

При разложении цистина и метионина — аминокислот белков, содержащих серу, выделяется сероводород, который с уксуснокислым свинцом образует сернистый свинец — соединение черного цвета:



Образующийся при порче рыбы сероводород дает темное пятно на бумаге, смоченной раствором уксуснокислого свинца, след-

ствие образования сернистого свинца. По интенсивности потемнения бумажки, на которой происходит реакция, судят о степени порчи исследуемого объекта. Необходимо отметить, что вареное мясо и рыба могут дать положительную реакцию на сероводород, будучи доброкачественными.

Ход определения. Образец мяса рыбы измельчить ножом. Взять навеску массой 15...25 г и поместить ее рыхлым слоем в бюкс на 50 мл. В бюксе подвесить горизонтально над фаршем полоску плотной фильтровальной бумаги, на нижней поверхности которой, обращенной к продукту, нанесены 3...4 капли раствора свинцовой соли. Диаметр капель 2...3 мм. Расстояние между бумагой и поверхностью продукта должно быть около 1 см.

Бюкс закрыть крышкой, зажав фильтровальную бумагу между крышкой и корпусом бюкса, и оставить при комнатной температуре на 15 мин. По истечении отведенного времени бумагу снять и сравнить ее окраску с окраской бумаги, смоченной тем же раствором свинцовой соли.

При наличии в испытуемом образце свободного сероводорода происходит побурение или почернение участков бумаги, смоченных раствором свинцовой соли. Интенсивность реакции обозначается следующим образом:

«—» — реакция отрицательная;

«±» — следы;

«+» — реакция слабо положительная: бурое окрашивание по краям капли;

«++» — реакция положительная: бурое окрашивание всей капли, более интенсивное по краям;

«+++» — реакция резко положительная: интенсивное темно-бурое окрашивание всей капли.

По интенсивности реакции судят о степени распада белка мяса рыбы, а следовательно, и о безопасности продукта.

4.3.5. Определение содержания перекисей в жире замороженной рыбы при хранении

Жир извлекают из измельченного мяса рыбы (фарша) путем экстракции хлороформом.

Обезвоживание фарша проводят безводным сульфатом натрия (Na_2SO_4). К навеске фарша добавляют двойное количество сульфата натрия, тщательно перемешивая его с фаршем в фарфоровой ступке. Хорошо растертую смесь фарша с сульфатом натрия выдерживают не менее 1 ч в темноте.

После обезвоживания смесь фарша с сульфатом натрия переносят в колбу, заливается хлороформом, закрывают притертой

пробкой, парафинируют и хорошо встряхивают (в течение 30 мин), затем оставляется на 20–24 ч.

Необходимое количество хлороформа определяется жирностью рыбы.

При содержании в мясе жира более 5 % рекомендуется брать навеску фарша 50 г, при меньшем — 100 г. К смеси добавляют тройное количество хлороформа. Для навески фарша 50 г берут 100 мл хлороформа, для навески фарша 100 г (из мяса не жирных рыб) — 300 мл хлороформа.

После экстракции жировую мисцеллу фильтруют через бумажный складчатый фильтр, предварительно смоченный хлороформом, сливая осторожно (чтобы не взмутить осадка) из склянки на фильтр. Фильтрат собирают в чистую сухую колбу (или склянку) с притертой пробкой. Осадок промывают хлороформом в количестве на 50 г навески — 50 мл, на 100 г навески — 100 мл.

Экстракт, полученный из мяса нежирных рыб, у которых содержание жира не достигает 5 %, концентрируется путем отгонки растворителя до объема 50–60 мл. Рекомендуется для этих целей использовать роторный испаритель, вакуумный шкаф или вытяжные шкафы, дающие разряжение. Температура подогрева при этом не более 30 °С.

Хранение полученных жировых мисцелл до анализа проводить в закрытых стеклянках при температуре –15 °С или ниже.

Количественное определение перекисей основано на реакции их с йодистым калием в кислой среде, в результате которой выделяется свободный йод. Выделившийся йод оттитровывают тиосульфатом натрия.

Результат выражают в виде перекисного числа, которое показывает количество граммов йода, выделяемого перекисями, находящимися в 100 г жира.

Ход определения. В коническую колбу с притертой пробкой (емкостью 250 мл) помещают 20 мл экстракта, которые отбирают при помощи бюретки или пипетки с дозатором.

К экстракту жира в колбе добавляют 30 мл ледяной уксусной кислоты, перемешивают, добавляют 1 мл свежеприготовленного насыщенного водного раствора йодистого калия (KI), колбу помещают в темный пакет и перемешивают содержимое в течение 2 мин.

Затем прибавляют 100 мл дистиллированной воды, хорошо перемешивают, добавляют 1 мл 1 %-ного свежеприготовленного раствора крахмала (охлажденного до комнатной температуры) и немедленно оттитровывают выделившейся йод 0,01 н. раствором тиосульфата натрия (с помощью микробюретки). Раствор тиосульфата готовят из фиксанала.

Одновременно проводят контрольное титрование (холостой опыт). Для этого смесь 20 мл дистиллированной воды, 20 мл хлороформа и 30 мл ледяной уксусной кислоты, к которой добавлен 1 мл насыщенного раствора йодистого калия, оттитровывают тиосульфатом натрия, строго придерживаясь методики, указанной выше.

Перекисное число исследуемого жира ПЧ, % I₂, вычисляют по формуле

$$\text{ПЧ} = \frac{(B - B_1) \cdot 0,001269 \cdot K}{A \cdot B} \cdot 100,$$

- где
- B** — количество 0,01 н. раствора тиосульфата, пошедшего на титрование йода, мл;
 - B₁** — количество того же раствора, израсходованного при контрольном титровании, мл;
 - 0,001269** — количество йода, соответствующее 1 мл точно 0,01 н. раствора тиосульфата, г;
 - K** — поправочный коэффициент рабочего 0,01 н раствора тиосульфата;
 - A** — количество жира, содержащегося в 1 мл хлороформного экстракта, г;
 - B** — количество взятого для анализа хлороформного экстракта, мл.

4.3.6. Определение содержания карбонильных соединений в жире замороженной рыбы при хранении

Количественное определение карбонильных соединений основано на измерении интенсивности окраски, развивающейся при взаимодействии альдегидов с бензидином. Результат выражают в мг коричневого альдегида на 100 г жира.

Ход определения. В сухую пробирку (или колбу) наливают при помощи бюретки (или пипетки с дозатором) 10 мл экстракта и равный объем этилового спирта. Хлороформно-спиртовой экстракт жира хорошо перемешивают, наливают в кювету шириной 1 см электрофотоколориметра или спектрофотометра и определяют оптическую плотность этого раствора при длине волны 360 нм по отношению к чистому растворителю, т. е. смеси равных объемов этилового спирта и хлороформа. Полученное значение оптической плотности раствора D_1 характеризует собственную окраску жира.

Затем берут 2 пробирки (или колбочки) с притертыми пробками емкостью 25–30 мл и наливают (при помощи бюретки или пипетки с грушей) в одну из них 10 мл приготовленного хлороформно-спиртового раствора жира, а в другую — 10 мл чистого растворителя (смеси равных объемов хлороформа и спирта). Добавляют в обе пробирки по 1 мл свежеприготовленного 0,5 %-ного раствора бензидина в смеси этилового спирта и ледяной уксусной кислоты (1 : 1), после чего закрывают пробирки пробками, хорошо встряхивают и выдерживают 15 мин. Затем наливают растворы в кюветы шириной 1 см и фотометрируют при длине волны 360 нм. Раствором сравнения служит обработанный бензидином растворитель. Найденное значение величины оптической плотности D_2 обусловлено окраской самого жира и окраской, развившейся в результате взаимодействия карбонильных соединений с бензидином.

Кюветы после каждого определения рекомендуется трижды промывать растворителем (смесью этилового спирта и хлороформа 1 : 1) и тщательно обсушивать.

Альдегидное число (АЧ) исследуемого жира, мг коричневого альдегида на 100 г жира:

$$\text{АЧ} = \frac{(1,1 \cdot D_2 - D_1) \cdot \Phi \cdot B_1 \cdot 100}{A \cdot B},$$

где D_1 — оптическая плотность хлороформно-спиртового раствора жира до обработки бензидином;

D_2 — то же после обработки бензидином;

1,1 — поправка на изменение объема испытуемого раствора жира при добавлении 1 мл раствора бензидина;

Φ — фактор (постоянная величина), показывающий количества мг коричневого альдегида в 1 мл реакционной смеси, приходящейся на единицу оптической плотности при длине волны 360 нм и ширине кюветы 1 см;

A — количества жира, содержащееся в 1 мл хлороформного экстракта, г;

B — объем взятого для анализа хлороформного экстракта, мл;

B_1 — объем хлороформно-спиртового раствора жира, мл.

Величину фактора Φ находят путем фотометрирования (спектрофотометрирования) растворов коричневого альдегида точно известной концентрации.

Сначала готовят стандартный раствор коричневого альдегида, содержащий 0,01 мг альдегида в 1 мл. Для этого наливают коричневый альдегид с помощью пипетки с дозатором в бюкс, которую закрывают и взвешивают на аналитических весах. Взятую навеску растворяют в смеси этилового спирта и хлороформа (1 : 1) так, что-

бы в 1 мл содержалось 0,1 мг коричневого альдегида, затем переносят из бюксы в мерную колбу при помощи пипетки, доводят до метки этим же растворителем. Стандартный раствор должен содержать 0,01 мг коричневого альдегида.

Затем берут 10 чистых сухих, предварительно пронумерованных пробирок (или колбочек) с притертыми пробками и вносят в них последовательно от 0,4 до 4,0 мл стандартного раствора коричневого альдегида с интервалом в 0,4 мл, пользуясь для этого микробюреткой. После этого добавляют смесь этилового спирта с хлороформом (1 : 1) с таким расчетом, чтобы объем полученного раствора во всех пробирках был 10 мл, и хорошо перемешивают.

Во все пробирки с растворами коричневого альдегида и в аналогичную контрольную пробирку с 10 мл чистого растворителя смеси этилового спирта и хлороформа (в соотношении 1 : 1) добавляют по 1 мл свежеприготовленного 0,5 %-ного раствора бензидина в смеси этилового спирта и ледяной уксусной кислоты (в соотношении 1 : 1), закрывают содержимое пробками, хорошо перемешивают, выдерживают 15 мин до полного развития окраски. Определяют оптическую плотность растворов, содержащих коричневый альдегид, по отношению к чистому растворителю с бензидином с помощью электрофотокolorиметра (или спектрофотометра) при длине волны 360 нм, пользуясь кюветой шириной 1 см.

Определив оптическую плотность, вычисляют факторы Φ для всех исследованных растворов коричневого альдегида по формуле

$$\Phi = \frac{A}{1,1 \cdot D},$$

где A — количество коричневого альдегида, содержащееся в 1 мл испытуемого спирто-хлороформного раствора, мг;

D — значение оптической плотности раствора коричневого альдегида;

1,1 — поправка на изменение объема раствора коричневого альдегида (10 мл) при добавлении к нему 1 мл раствора бензидина.

Среднее значение определяется по формуле

$$\Phi_{\text{ср}} = \frac{\Phi_n}{n},$$

где Φ_n — сумма факторов рабочих растворов;

n — количество определений (число исследованных рабочих растворов) коричневого альдегида.

4.3.7. Определение свободных жирных кислот в жире замороженной рыбы при хранении

Количество определения свободных жирных кислот основано на реакции едкого калия со свободными жирными кислотами.

Для получения правильных результатов важно, чтобы к концу титрования в растворе содержалось не менее 40 % спирта. При недостатке спирта имеет место гидролиз мыла, искажающий результаты титрования.

Ход определения. К 10–20 мл экстракта жира добавляют равное количество нейтрализованного по фенолфталеину спирта, затем прибавляют 2 капли 1 %-ного спиртового раствора фенолфталеина и оттитровывают 0,1 н. спиртовым раствором КОН при постоянном взбалтывании до появления розового окрашивания, не исчезающего в течение 2 мин.

Обесцвечивание раствора, которое обычно наступает после некоторого стояния, не принимается во внимание.

Содержание свободных жирных кислот $\omega_{\text{СЖК}}$, %, рассчитывают по формуле

$$\omega_{\text{СЖК}} = \frac{5,61 \cdot a \cdot K}{B},$$

где a — количество 0,1 н. раствора КОН, израсходованного при титровании, мл;

5,61 — количество едкого калия, соответствующее 1 мл 0,1 н. раствора КОН, мг;

K — коэффициент пересчета на олеиновую кислоту, $K = 0,5$;

B — объем взятого для анализа хлороформного экстракта, мл.

4.3.8. Определение свободных жирных кислот, моно-, ди- и триглицеридов в жире замороженной рыбы при хранении методом тонкослойной хроматографии (ТСХ)

Метод ТСХ считается наиболее эффективным и универсальным способом разделения липидов. Для качественной хроматографии используются пластинки *Silufol UV-254* (Чехия).

После идентификации жира проводят количественное определение свободных жирных кислот моно-, ди- и триглицеридов весовым методом. Рекомендуется применять оборудование для тонкослойной хроматографии.

Определение качественного состава липидов. Проксэтрагированные липиды выпаривают при температуре 40–50 °С на роторном испарителе. В вакуумном шкафу сушку проводят выпариванием при температуре 50 °С до постоянного веса.

Взвешенные липиды растворяют в хлороформе с таким расчетом, чтобы в 1 мл содержалось 300 мг липидов.

Если пятно наносится впервые, то используют пластины размером 150×150 мм. На определенном расстоянии, отступив от краев 1,5–2 см, с одной стороны пластины наносят стандартный раствор, содержащий моно-, ди- и триглицериды и кислоты (пальмитиновая, олеиновая или другие) с помощью микропипетки в виде капель (в количестве 3–5 мг), а с другой стороны пластины — экстракт липидов.

Пластину помещают в систему растворителей — гексан: серный эфир: ледяная уксусная кислота в соотношении 80:20:2.

Процесс разделения липидов происходит примерно за 15–17 мин. Затем пластину выдерживают 5–7 мин, после чего опрыскивают из стеклянного пульверизатора 10 %-ным водным раствором фосфорно-молибденовой кислоты, после чего пластину проявляют 5 мин в вакуумном шкафу при температуре 50 °С.

Образец стандартного раствора (или снимок хроматограммы) сохраняют как аналог.

Количественное определение. Количественное определение свободных жирных кислот и моно-, ди-, триглицеридов проводят после того как определен качественный состав липидов.

Для определения количественного содержания глицеридов и свободных жирных кислот используют стеклянные пластины размером 20×20 см, предварительно обезжиренные спиртом или эфиром. На пластину наносят силикагель с гипсом (13–30 % гипса).

Силикагель «накатывают» на пластину с помощью специального приспособления, которое входит в комплект оборудования для ТСХ. Для этого берут 12,5 г смеси силикагеля с гипсом, смешивают с водой в соотношении 1:2.

Полученную эмульсию выливают на пластину и, слегка поворачивая пластину в руках, равномерно распределяют ее по пластине, после чего оставляют пластину на 12 ч при комнатной температуре для просушивания.

После просушки, непосредственно перед нанесением растворов экстракта липидов, пластины активируют при температуре 115–130 °С в течение 30–40 мин (в день нанесения). Затем пробу липидов не более 300 мг в 1 мл (не менее 100 мг) наносят на пластины. Раствор наносят на пластину с помощью микрокапа или микрошприца маленькими капельками (объем капельки 0,05 мл раствора).

Пластину помещают в систему растворителей (гексан: серный эфир: уксусная кислота в соотношении 80:20:2) и выдерживают

до тех пор, пока фронт растворителя не дойдет до 0,4 см от верхнего края пластины. После этого пластину вынимают из растворителя, просушивают в вытяжном шкафу при комнатной температуре.

После сушки пластину помещают в герметичную проявочную камеру и в парах металлического йода проявляют фракции липидов, которые после проявления имеют вид сплошных линий. Вынув пластину из йодной камеры, отчерчивают скальпелем линии фракций и нумеруют. После испарения йода послойно соскабливают скальпелем фракции. Фракции моно-, ди- и триглицеридов и свободных жирных кислот помещают в отдельные бюксы (или колбы с притертой пробкой), после чего заливают смесью хлороформа и этанола в соотношении 4:1 в количестве 25 мл и ставят на встряхивающий аппарат на 25–30 мин.

После экстракции содержимое колб центрифугируют (или отфильтровывают), после чего растворитель выпаривают при температуре 50 °С на роторном испарителе, а остатки высушивают в вакуумном шкафу при 50 °С до постоянного веса.

Экспресс-метод количественного определения моно-, ди- и триглицеридов, а также свободных жирных кислот с использованием ТСХ. Для количественного определения используются пластины Silufol UV-254.

Проекстрагированные липиды упаривают на роторном испарителе или в вакуумном шкафу при температуре 40–50 °С таким образом, чтобы в 1 мл содержалось 300 мг липидов.

Если пятна наносятся впервые, то берут две пластины. На одну наносят стандартный раствор, содержащий моно-, ди- и триглицериды и любую кислоту (олеиновую, пальмитиновую или другие) или смесь кислот, а на другую — рабочий раствор (экстракт).

Растворы наносят с помощью микропипетки в виде капель с содержанием 3–5 мг липидов, отступив от краев 1,5–2 см.

Пластину помещают в систему растворителей — петролейный эфир:серный эфир:ледяная уксусная кислота в соотношении 80:20:2. Процесс разделения липидов заканчивается за 15–17 мин. Затем пластины со стандартным раствором выдерживают в вытяжном шкафу 5–7 мин.

Пластины с рабочим раствором выдерживают до тех пор, пока фронт растворителя не дойдет до 0,4 см от верхнего слоя пластины, после чего пластины вынимают и просушивают в вытяжном шкафу 5–7 мин.

Пластину со стандартным раствором опрыскивают 10 %-ным водным раствором фосфорно-молибденовой кислоты (из стеклянного пульверизатора), затем проявляют при 50 °С в течение 5 мин, фракции отчерчивают и нумеруют. Образец-аналог сохраняют.

Пластины с нанесенным рабочим раствором после просушивания помещают в проявочную камеру с парами металлического

йода После проявления липидные фракции имеют вид сплошных эллипсообразных полос. Вынув пластины из йодной камеры, скальпелем очерчивают границы фракций и нумеруют. После того как йод испарится, пластины со стандартным и рабочим растворами сравнивают между собой по фракциям.

На пластине с рабочим раствором отмечают фракции, соответствующие моно-, ди- и триглицеридам, а также свободным жирным кислотам. После этого полоски пластин Silufol с пятнами, соответствующими фракциям, вырезают и взвешивают на аналитических весах.

После взвешивания полоски пластин со свободными жирными кислотами при необходимости направляют на определение их состава методом газовой хроматографии.

Для оценки влияния степени окисленности жира, содержащегося в рыбе, на вкусовые качества рекомендуется наряду с определением содержания перекисей, карбонильных соединений и свободных жирных кислот в жире, выделенном из тканей рыбы, производить пересчет найденного количества указанных веществ в жире на массу рыбы.

При этом содержание жира в навеске из мяса рыбы определяют любым методом (раздел 1.3.3, 1.3.4).

Содержание перекисей (ПЧ), карбонильных соединений (АЧ), свободных жирных кислот ($\omega_{СЖК}^{MP}$) рассчитывают по формулам:

$$ПЧ_{MP} = \frac{ПЧ \cdot \omega_{Ж}}{100};$$

$$АЧ_{MP} = \frac{АЧ \cdot \omega_{Ж}}{100};$$

$$\omega_{СЖК}^{MP} = \frac{\omega_{СЖК} \cdot \omega_{Ж}}{100},$$

где $ПЧ_{MP}$, $АЧ_{MP}$ и $\omega_{СЖК}^{MP}$ — количество перекисей (перекисное число), карбонильных соединений (альдегидное число) и свободных жирных кислот, отнесенное к 100 г мяса рыбы;

$ПЧ$, $АЧ$ и $\omega_{СЖК}^{MP}$ — найденное содержание перекисей, карбонильных соединений в жире;

$\omega_{Ж}$ — содержание жира в мясе исследуемой рыбы, %.

4.4. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗАМОРОЖЕННЫХ ЯЙЦЕПРОДУКТОВ

4.4.1. Органолептическая оценка замороженного меланжа

Органолептическую оценку меланжа проводят по цвету, консистенции, запаху и вкусу. Эти показатели в значительной мере зависят от качества сырья, режимов замораживания и хранения мороженых яйцепродуктов.

Подготовка пробы меланжа. Образец помешают в сосуд и оттаивают в воде при 15 °С. Яичную массу осторожно перемешивают стеклянной палочкой в течение 3 мин, не допуская пенообразования.

Определение цвета и консистенции. Яичную массу наливают в стакан из бесцветного стекла вместимостью 100 мл. Стакан ставят на лист белой бумаги и визуально определяют цвет и консистенцию массы.

Определение запаха. 20 г испытуемой массы вносят в стакан вместимостью 100 мл, заливают 50 мл кипящей воды и немедленно определяют запах продукта.

Определение вкуса. 100 мл яичной массы помещают в мерный стакан, тщательно перемешивают стеклянной палочкой и запекают на сковородке (предварительно нагретой до 160 ± 1 °С) при 154 ± 5 °С в течение 8...10 мин. Затем охлаждают до 18...20 °С и определяют вкус.

Определение содержания посторонних примесей. В меланже не допускается наличие осколков скорлупы и других примесей. 100 г яичной массы помещают в градуированный цилиндр вместимостью 1 л, объем доводят до метки дистиллированной водой. Раствор тщательно перемешивают и процеживают через сито с отверстиями диаметром 1 мм. После процеживания на сите не должен присутствовать остаток.

4.4.2. Определение массовой доли влаги в замороженном меланже

Массовую долю влаги в замороженном меланже определяют методом высушивания.

Ход определения. Образец размороженного продукта (3–6 г) помешают в бюксу, доведенную до постоянной массы, с 6–8 г прокаленного песка и стеклянной палочкой и взвешивают с точностью до 0,001 г. Продукт перемешивают с песком, распределяя по дну

бюксы ровным слоем, и сушат в сушильном шкафу при (100–105) °С в течение 6–7 ч до постоянной массы. Затем бюксу охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Массовую долю влаги в меланже вычисляют по формуле, приведенной в разделе 1.2.1. Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,5 %.

Экспресс-метод. Образец продукта высушивают при (150 ± 5) °С.

Порядок выполнения работы. Бюксу с песком или безводным сульфатом натрия (10 г) и стеклянной палочкой доводят до постоянной массы. Затем в нее пипеткой вносят 5 мл размороженного продукта, перемешивают и взвешивают с точностью до 0,001 г. Бюксу с песком высушивают. Меланж высушивают при (150 ± 5) °С в течение 20 мин.

Массовую долю влаги в меланже вычисляют аналогично.

4.4.3. Определение массовой доли белка в замороженном меланже

Определение массовой доли белка с реактивом Несслера. Образец размороженного продукта массой 2 г, взятый с точностью до 0,0002 г, помещают в колбу Кьельдаля, добавляют 3–5 мл 30 %-ного раствора серной кислоты и 3–5 мл селенсодержащей серной кислоты (5 г селена кипятят в 10 мл концентрированной серной кислоты до полного растворения селена, т. е. до полного обесцвечивания раствора). Проводят минерализацию. Затем содержимое колбы Кьельдаля количественно переносят в мерную колбу вместимостью 100 мл, объем доводят до метки дистиллированной водой и перемешивают. Полученный раствор в количестве 0,5 мл помещают в мерную колбу вместимостью 50 мл, добавляют 25...30 мл дистиллированной воды и 4 мл реактива Несслера. Объем доводят дистиллированной водой до метки, перемешивают и через 30 мин фотометрируют при длине волны 440 нм, сравнивая с контрольным раствором.

Количество азота определяют по калибровочному графику.

Массовую долю белковых веществ ω_B , %, находят по формуле

$$\omega_B = \frac{m_N \cdot 6,25}{m_O \cdot V \cdot 1000} \cdot 100,$$

где m — масса азота, найденная по калибровочному графику, мг;

6,25 — коэффициент пересчета азота на белок;

m_O — масса образца, г;

V — объем раствора, взятого для определения, мл;

1000 — коэффициент пересчета в граммы.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать ±1 %.

Подготовка к испытаниям

1. Построение калибровочного графика.

На оси абсцисс откладывают концентрацию азота (миллиграммы азота в 50 мл раствора), на оси ординат — соответствующие значения оптической плотности. График должен проходить через начало координат.

2. Проведение цветной реакции для построения графика.

В мерные колбы вместимостью 50 мл вносят соответственно 0,25; 0,5; 1; 1,5 и 2 мл стандартного раствора, что соответствует содержанию азота в колбах 0,025; 0,05; 0,1; 0,15 и 0,2 мг. Колбы доливают до 2/3 объема дистиллированной водой, добавляют по 4 мл реактива Несслера, доливают водой до метки и перемешивают. Через 30 мин фотометрируют при длине волны 440 нм на спектрофотометре или на фотоэлектроколориметре (ширина кюветы 1 см) по отношению к дистиллированной воде. Одновременно готовят колбу с контрольным раствором вместимостью 50 мл, в которую вместо стандартного раствора сульфата аммония добавляют дистиллированную воду.

4.4.4. Определение массовой доли жира в замороженном меланже

Массовую долю жира в замороженном меланже определяют по жиросмеру или экстрагированием смесью хлороформа с этанолом.

Определение массовой доли жира в жиросмере. В колбу вносят 10 мл продукта, добавляют 30 мл дистиллированной воды (17–20 °С) и тщательно перемешивают в течение 2–3 мин.

К девяти объемным частям изоамилового спирта добавляют 91 объемную часть этанола.

В жиросмер наливают 16 мл 2 %-ного раствора гидроксида натрия, вносят 6 мл подготовленного меланжа и 6 мл спиртовой смеси. Жиросмер закрывают резиновой пробкой, 2–3 мин энергично перемешивают встряхиванием и выдерживают на водяной бане 10–12 мин при температуре 55–60 °С.

При нагревании жиросмер два раза энергично встряхивают. Затем жиросмер вынимают и центрифугируют 4–5 мин при 17 с⁻¹.

После центрифугирования жиросмер вновь выдерживают на водяной бане с температурой 55...60 °С в течение 3 мин пробкой вниз. Уровень воды в бане должен быть несколько выше слоя жира в жиросмере.

Массовую долю жира в меланже $\omega_{\text{ж}}$, в % вычисляют по формуле

$$\omega_{\text{ж}} = \frac{0,01133 \cdot a}{m_{\text{O}}} \cdot 100,$$

где 0,01133 — количество жира, соответствующее одному малому делению жиромера, г;
 a — высота столбика жира по шкале жиромера;
 m_0 — масса образца продукта, г.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать $\pm 0,5\%$.

4.4.5. Определение кислотности яичного меланжа

Ход определения. В мерную колбу вместимостью 250 мл помещают навеску яичной массы 20 г, взвешенную с точностью до 0,1 г, доводят до метки дистиллированной водой и взбалтывают.

20 мл разбавленной эмульсии меланжа пипеткой переносят в коническую колбу на 100 мл, добавляют 20 мл дистиллированной воды и 10 капель фенолфталеина, а затем титруют 0,01 н. раствором натриевой щелочи. Конец титрования определяют по появлению слабого розовато-оранжевого окрашивания.

Кислотность яичного меланжа K , градусы Тернера ($^{\circ}\text{T}$), выражается числом миллилитров 0,1 н. раствора NaOH, израсходованного на титрование 100 г продукта:

$$K = \frac{k \cdot V \cdot 250 \cdot 100}{20 \cdot 20 \cdot 10},$$

где k — поправочный коэффициент щелочи;
 V — количество 0,01 н. раствора щелочи, пошедшее на титрование, мл;
20 — количество смеси, взятой на титрование, мл;
20 — навеска продукта, г;
10 — коэффициент пересчета на 0,01 н. раствор щелочи.

4.4.6. Определение pH меланжа

pH замороженного меланжа определяют потенциометрическим методом. Предварительно меланж разбавляют дистиллированной водой из расчета 20 частей воды на 1 часть продукта. Для этого в стаканчик на 50 мл вносят 20 мл воды, добавляют 1 г меланжа, тщательно перемешивают, ставят стаканчик на столик рН-метра и снимают показания прибора.

4.4.7. Контроль пастеризации меланжа

Сущность метода заключается в определении активности α -амилазы в присутствии йодокрахмального комплекса. Пастеризация меланжа при температуре выше 57°C вызывает

инактивацию α -амилазы, поэтому добавленный йодокрахмальный комплекс имеет видимый фиолетовый или голубой цвет (оптическая плотность более 0,1).

В непастеризованном меланже α -амилаза осуществляет гидролиз добавляемого крахмала. Продукты распада крахмала при взаимодействии с йодом не дают синего окрашивания (раствор имеет желтую окраску). Оптическая плотность раствора в этом случае меньше 0,1.

Ход определения. Навеску меланжа массой 15 г взвешивают с точностью до 0,1 г в стеклянный стакан вместимостью 100 мл, нагревают на водяной бане при 45 °С в течение 5 мин. Необходимо строго следить за температурой, чтобы не произошло инактивации α -амилазы.

Затем в стакан добавляют 4 мл 1 %-ного раствора крахмала и тщательно перемешивают. Смесь выдерживают в водяной бане при 45 °С в течение 30 мин, а затем мгновенно охлаждают в льдояной бане.

5 мл охлажденной смеси пипеткой переносят в стакан вместимостью 50 мл, приливают 5 мл 15 %-ной трихлоруксусной кислоты и 15 мл дистиллированной воды. Смесь периодически перемешивают в течение 10 мин, а затем фильтруют через бумажный фильтр.

К 5 мл фильтрата приливают 1 мл 0,001 н. раствора йода и определяют оптическую плотность раствора на фотоколориметре с желтым светофильтром (или на спектрофотометре при длине волны 585 нм) в кюветах с толщиной светопоглощающего слоя 1 см.

По данным оптической плотности судят об эффективности пастеризации меланжа.

Контрольные вопросы к разделу 4

1. Охарактеризуйте основные процессы, протекающие при замораживании пищевого сырья животного происхождения.
2. Дайте краткое описание изменений качества сырья животного происхождения при хранении в замороженном состоянии.
3. Изменение микроструктуры замороженного мяса и его влияние на функционально-технологические свойства мясного сырья.
4. Коллоидно-химические изменения белков мышечной ткани при замораживании и хранении мяса.
5. Изменения структуры замороженного мяса при хранении.
6. Особенности протекания автолиза в замороженном мясе при хранении.
7. Дайте характеристику гидрофильных свойств мышечных белков замороженного мяса.
8. Дайте описание микробиологических процессов в замороженном мясе при хранении.

9. В чем заключаются окислительные изменения замороженного мяса?

10. Процессы рекристаллизации в замороженном мясе при хранении.

11. Перечислите основные изменения качества замороженного рыбного сырья, мяса птицы и яйцепродуктов при хранении.

12. Перечислите основные показатели, характеризующие качество замороженного мяса.

13. Цветовые характеристики замороженного мяса и их влияние на потребительское качество мясопродуктов.

14. Влияние окислительных изменений тканевых липидов замороженного мясного сырья на формирование потребительских свойств мясопродуктов.

15. Дайте понятие «усвояемости» мясных продуктов. Как влияют режимы и продолжительность холодильной обработки на перевариваемость белков мяса.

16. Перечислите основные показатели, характеризующие качество замороженного рыбного сырья.

17. Перечислите основные показатели, характеризующие качество замороженного яичного меланжа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипова, Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов [Текст] / Л. В. Антипова, И. А. Плотова, И. А. Рогов. — М. : Колос, 2001. — 376 с.

2. Антипова, Л. В. Биохимия мяса и мясных продуктов [Текст] / Л. В. Антипова, Н. А. Жеребцов. — Воронеж : Изд-во воронежского университета, 1991. — 183 с.

3. Базарнова, Ю. Г. Определение активности внутриклеточных протеолитических ферментов мышечной ткани [Текст] / Ю. Г. Базарнова, Т. Е. Булова, К. Ю. Поляков // метод. указ. к лабораторным работам по курсу «Методы исследования мяса и мясных продуктов». — СПб. : ГУНиПТ, 2008. — 13 с.

4. Базарнова, Ю. Г. Определение массовой доли белковых фракций мышечной ткани [Текст] / Ю. Г. Базарнова, Т. Е. Булова, К. Ю. Поляков // метод. указ. к лабораторным работам по курсу «Методы исследования мяса и мясных продуктов». — СПб. : ГУНиПТ, 2008. — 12 с.

5. Базарнова, Ю. Г. Определение содержания продуктов гидролиза белков и пептидов в мышечной ткани [Текст] / Ю. Г. Базарнова, Т. Е. Булова, К. Ю. Поляков // метод. указ. к лабораторным работам по курсу «Методы исследования мяса и мясных продуктов». — СПб. : ГУНиПТ, 2008. — 11 с.

6. Базарнова, Ю. Г. Оценка органолептических показателей и продуктов первичного распада белков мышечной ткани [Текст] / Ю. Г. Базарнова, Т. Е. Булова, К. Ю. Поляков // метод. указ. к лабораторным работам по курсу «Методы исследования мяса и мясных продуктов». — СПб. : ГУНиПТ, 2008. — 12 с.

7. Булова, Т. Е. Комплексное исследование степени свежести мяса [Текст] / Т. Е. Булова, Ю. Г. Базарнова, К. Ю. Поляков // метод. указ. к лабораторным работам по курсу «Методы исследования мяса и мясных продуктов». — СПб. : ГУНиПТ, 2008. — 15 с.

8. Булова, Т. Е. Определение качества мороженой рыбы [Текст] / Т. Е. Булова, Ю. Г. Базарнова, К. Ю. Поляков // метод. указ. к лабораторным работам по курсу «Методы исследования рыбы и рыбопродуктов». — СПб. : ГУНиПТ, 2008. — 18 с.

9. Базарнова, Ю. Г. Технохимический контроль мяса птицы и продуктов переработки яиц [Текст] / Ю. Г. Базарнова, М. И. Кременевская, В. А. Сатанина // метод. указ. к лабораторным работам по курсу «Технохимический контроль производства мяса и мясопродуктов». — СПб. : ГУНиПТ, 2007. — 26 с.

10. Базарнова, Ю. Г. Метод определения перевариваемости мяса и мясных продуктов *in vitro* [Текст] / Ю. Г. Базарнова, С. В. Эсаулов,

М. И. Кременевская // метод. указ. к лабораторным работам по курсу «Методы исследования мяса и мясных продуктов». — СПб. : ГУНиПТ, 2008. — 17 с.

11. Боварский, В. А. Энциклопедия по переработке мяса в фермерских хозяйствах и на малых предприятиях [Текст] / В. А. Боварский. — М. : СОЛОН — Пресс, 2002. — 576 с.

12. Вышемирский, Ф. А. Производство сливочного масла [Текст] / Ф. А. Вышемирский. — М. : Агропромиздат, 1987. — 272 с.

13. Головкин, Н. А. Консервирование продуктов животного происхождения при субкриоскопических температурах [Текст] / Н. А. Головкин, Г. В. Маслов, И. Р. Скоморовская. — М. : Агропромиздат, 1987. — 272 с.

14. Журавская, Н. К. Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов [Текст] / Н. К. Журавская, Л. Т. Алехина, Л. М. Отряшенкова. — М. : Агропромиздат, 1985. — 296 с.

15. Журавская, Н. К., Гутник Б. Е., Журавская Н. А. Технохимический контроль производства мяса и мясопродуктов [Текст] / Н. К. Журавская, Б. Е. Гутник, Н. А. Журавская. — М. : Колос, 1999. — 174 с.

16. Инихов, Г. С. Методы анализа молока и молочных продуктов: Справочное руководство [Текст] / Г. С. Инихов, Н. П. Брио. — М. : Пищевая промышленность, 1971. — 245 с.

17. Кармас, Э., Технология свежего мяса [Текст] / Э. Кармас. — М. : Пищевая промышленность, 1979. — 335 с.

18. Крылова, Н. Н. Биохимия мяса [Текст] / Н. Н. Крылова, Ю. Н. Лясковская. — М. : Пищевая промышленность, 1968. — 350 с.

19. Крылова, Н. Н. Физико-химические методы исследования продуктов животного происхождения [Текст] / Н. Н. Крылова, Ю. Н. Лясковская. — М. : Пищепромиздат, 1961. — 233 с.

20. Матрозова, С. И. Технологический контроль в мясной и птицеперерабатывающей промышленности [Текст] / С. И. Матрозова. — М. : Пищевая промышленность, 1977. — 184 с.

21. Павловский, П. Е. Биохимия мяса [Текст] / П. Е. Павловский, В. В. Пальмин. — М. : Пищевая промышленность, 1975. — 343 с.

22. Соколов, А. А. Физико-химические и биохимические основы технологии мясопродуктов [Текст] / А. А. Соколов. — М. : Пищевая промышленность, 1965. — 489 с.

23. Стрингер, М., Деннис К. Охлажденные и замороженные продукты: пер. с англ. [Текст] / Под науч. ред. Н. А. Уваровой. — СПб. : Профессия, 2004. — 495 с.

24. Стопский, В. С. Химия жиров и продуктов переработки жирового сырья [Текст] / В. С. Стопский, В. В. Ключкин, Н. В. Андреев. — М. : Колос, 1992. — 286 с.

25. Тютюнников, Б. Н. Химия жиров [Текст] / Б. Н. Тютюнников и др. — М. : Колос, 1992. — 448 с.

26. Шаробайко, В. И. Биохимия продуктов холодильного консервирования: Учебники и учебные пособия для студентов вузов [Текст] / В. И. Шаробайко. — М. : Агропромиздат, 1991. — 225 с.

ISBN: 978-5-903090-61-7



Учебное издание

Базарнова Юлия Генриховна
Бурова Татьяна Евгеньевна
Марченко Владимир Иванович
Смелик Виктор Александрович
Третьяков Николай Афанасьевич

**БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ СЫРЬЯ
ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

Учебное пособие

Верстка *М. Н. Куреновой*
Корректор *О. Д. Камнева*
Дизайн обложки *Д. В. Держанский*

Издательство ООО «Прспект Науки»
www.prospektnauki.ru
E-mail: info@prospektnauki.ru

Подписано в печать 06.07.2011. Формат 84×108 1/32. Объем 12 печ. л.
Печать офсетная. Заказ 3782.

Отпечатано в ОАО «Издательско-полиграфическое
предприятие “Искусство России”».
198099, Санкт-Петербург, ул. Промышленная, д. 38/2.