

Л. О. Стріха

БІОХІМІЯ М'ЯСА І М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

Курс лекцій

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Л. О. Стріха

БІОХІМІЯ М'ЯСА І М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

Курс лекцій

МИКОЛАЇВ
2015

УДК 637:577.1
ББК 45.272
С85

Автор: Л. О. Стріха

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету технології виробництва і переробки продукції тваринництва, стандартизації та біотехнології Миколаївського національного аграрного університету від 30. 04. 2015 р., протокол №8.

Рецензенти:

- Л. С. Патрєва – д-р с.-г. наук, професор, завідувач кафедри птахівництва, якості та безпечності продукції Миколаївського національного аграрного університету;
- О. І. Петрова – канд. с.-г. наук, доцент, доцент кафедри технології виробництва продукції тваринництва Миколаївського національного аграрного університету.

Стріха Л. О.

С85 Біохімія м'яса і м'ясних продуктів : курс лекцій / Л. О. Стріха. – Миколаїв : МНАУ, 2015. – 84 с.

У курсі лекцій викладено відомості про біохімічні властивості м'яса сільськогосподарських тварин, автолітичні перетворення м'язової тканини та біохімічні зміни під час технологічного процесу виготовлення м'ясопродуктів.

УДК 637:577.1
ББК 45.272

©Миколаївський національний аграрний
університет, 2015
©Стріха Л. О., 2015

ЗМІСТ

Тема 1. Біохімічний склад м'яса	
сільськогосподарських тварин.....	4
1.1. Морфологічний та біохімічний склад м'язів.....	4
1.2. Основні білки м'язової тканини та їх властивості.....	10
1.2. Біохімічні властивості крові забійних тварин.....	31
Тема 2. Фактори, що впливають на якість м'яса.....	37
2.1. Функціонально-технологічні властивості м'яса.....	39
2.2. Вади м'ясної сировини	43
Тема 3. Автолітичні перетворення м'язової тканини.....	51
Тема 4. Біохімічні процеси під час зберігання м'яса.....	63
4.1. Біохімічні зміни при охолодженні та заморожуванні м'яса....	63
4.2. Біохімічні зміни при розморожуванні м'яса.....	68
Тема 5. Біохімічні процеси під час операцій підготовчого циклу..	69
Тема 6. Біохімічні процеси під час термообробки.....	72
6.1. Біохімічні зміни у м'ясі і м'ясопродуктах у процесі варіння..	74
6.2. Біохімічні зміни у м'ясі і м'ясопродуктах у процесі копчення	76
6.3. Біохімічні зміни у м'ясі і м'ясопродуктах у процесі сушіння..	80
Список використаної літератури.....	82

Тема 1. Біохімічний склад м'яса сільськогосподарських тварин.

Кількісне співвідношення згаданих вище тканин у складі м'яса залежить від виду, породи, статі, віку, характеру відгодівлі і вгодованості тварин, від анатомічного походження частини туші, а також від ступеня звільнення м'яса від тканин другорядного значення (кісток, хрящів, сполучних тканин) у процесі промислової переробки і коливається в дуже широких межах. Кількісне співвідношення тканин визначає хімічний склад, поживну цінність і властивості м'яса.

Кількісне співвідношення тканин у м'ясі становить: м'язова тканина 50-70 %, сполучна 9-14, жирова 3-20, кісткова 15-22 %.

М'язова тканина — це частина м'яса, що має найбільшу поживну цінність. Вона є сукупністю м'язових волокон і сполучнотканинних оболонок, що кількісно переважають. За морфологічною будовою розрізняють посмуговану мускулатуру, до якої належать скелетні м'язи, і гладку, що входить до складу тканин травного каналу, діафрагми, кровоносних судин, матки та ін. Мускулатурою змішаного типу є серцевий м'яз. Найбільший інтерес у технології становить посмугована скелетна мускулатура. Основним морфологічним і функціональним тканинним елементом посмугованої мускулатури є м'язове волокно.

1.1. Морфологічний та біохімічний склад м'язів

М'язові волокна — це своєрідна гігантська багатоядерна клітина завтовшки від 10 до 100 мкм і завдовжки 12 см і більше. Структура м'язового волокна дуже складна. Крім сарколеми, в структурі

м'язового волокна можна розрізнити тонкі поздовжні структур - міофібрили, а також ядра і кілька органел: мітохондрії, рибосоми, лізосоми та ін. Меншу частину клітин (35-40%) становить саркоплазма, що повністю оточує всі інші утворення. М'язові волокна складаються в первинні м'язові пучки. У пучках волокна з'єднані найтоншими прошарками сполучної тканини, зв'язаними з волокнами ендомізій.

Ендомізій утворюється тонкими і ніжними колагеновими й еластиновими волокнами, зібраними в пучки, вільний простір між ними заповнений проміжною речовиною. Первинні м'язові пучки об'єднуються в пучки вторинні і т. д. Пучки вищого порядку вкриті міцнішою сполучнотканинною оболонкою — перемізій і в сукупності складають м'яз. Ендомізій і перемізій утворюють своєрідний каркас або строму м'язів. Їх міцність впливає на жорсткість м'язової тканини. Тому на практиці їх виділяють в окрему категорію внутрішньом'язової сполучної тканини (рис 1).

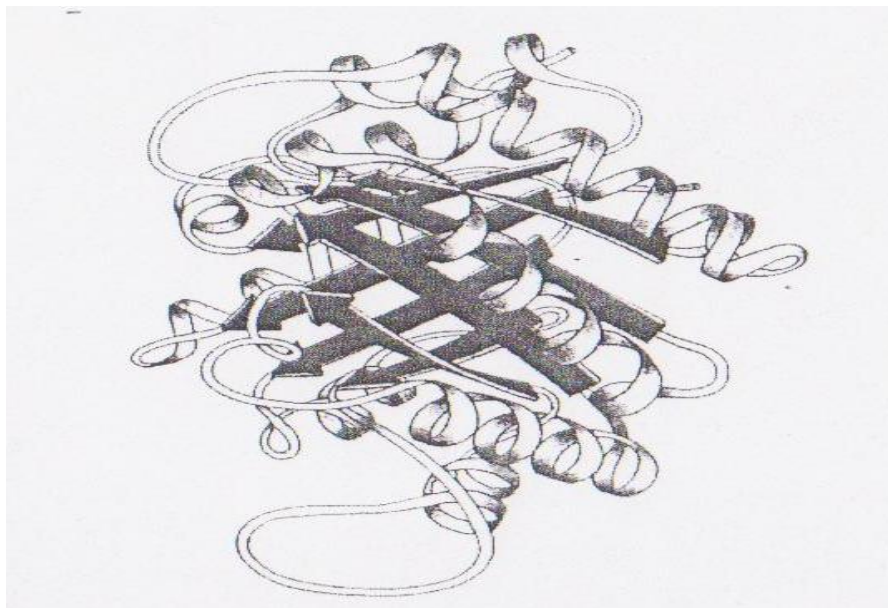


Рис. 1. Схематичне зображення третинної структури білка

М'яз також вкритий оболонкою — епімізієм. Перемізій і епімізій побудовані з колагенових волокон різної структури і міцності, що утворюють більш-менш складні сплетіння і вміщують різну кількість еластинових волокон. У перемізії й епімізії м'язів деяких видів відгодованих тварин є жирові клітини, що утворюють так звану «мрамуровість м'яса» на його поперечному розрізі (рис 2).

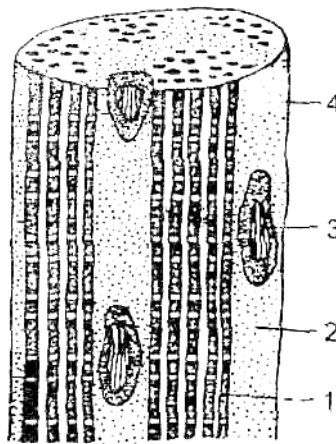


Рис. 1. Побудова м'язового волокна
1 - міофібрила, 2 - саркоплазма,
3 - ядро, 4 - сарколема

Рис. 2. Будова м'язового волокна:

1 - міофібрила; 2 - саркоплазма; 3 - ядро; 4 - сарколема

Сарколема побудована з двох шарів з ліпідним прошарком. Внутрішній (плазматичний) шар має вигляд мембрани завтовшки 0,1 мкм; зовнішній — базальний шар, складається з густої сітки волокон двох видів: переважно колагенових (діаметром близько 0,2 нм) і безструктурних еластинових.

Сарколема має вибіркову проникність. За життя тварин через неї проходять складові молекул вуглеводів, жирних кислот, амінокислот, білків. їх переміщення залежить від осмотичного тиску і активної регуляції сарколеми. Її проникність регулюється нервовою системою

і змінюється під час роботи м'язів, пов'язаної з під-кисненням вмісту волокна.

Міофібрили є активними скорочувальними елементами м'язового волокна, що займають більшу частину клітини (близько 60-65%). Це волокнисті посмуговані структури (завтовшки 1-2 нм), які розміщені в протоплазмі м'язового волокна поздовжньо направленими паралельними пучками. Під мікроскопом за великого збільшення можна побачити ділянки, що рівномірно чергуються, одні з яких у прохідному світлі здаються темними, інші — світлішими.

Основні ділянки міофібрил, обмежені мембранами Z, називають саркомером. Довжина саркомера 2-3 нм. Кожна міофібрила складається з кількох саркомерів.

Кожну міофібрилу можна розщепити (наприклад, за допомогою ультразвуку) на численні найтонші нитки, які видно тільки під електронним мікроскопом. Ці елементарні волоконця, що складають міофібрили, називають протофібрилами. Розрізняють товсті й тонкі протофібрили (нитки). Товсті нитки (діаметром близько 100 нм і завдовжки 450 нм) побудовані з білка міозину, розташовані паралельними рядами в диску A. Тонкі нитки (діаметром близько 58 нм), що складаються з білка актину, ідуть від лінії Z через диск J. їхні кінці знаходяться між товстими нитками в зоні A. У зоні H тонких ниток немає. Товсті й тонкі нитки з'єднані перемичками (містками) завтовшки приблизно 30 нм.

Будова тонких і товстих ниток доволі складна. Товсті складаються з паралельно розташованих, стиснених молекул міозину (кожна нитка, що входить у диск A, вміщує від 200 до 400 молекул

білка). Через певні проміжки (429 і 143 нм) уздовж нитки розміщені містки, що стикаються з містками на тонких нитках. Вони ніби закручені навколо спіралі і утворюють піки, подібні до зубців (ніжок). Тонкі нитки складаються з двох спіралью переплечених ланцюгів молекулярного актину (побудованих з мономерного актину). Один ланцюг закручений навколо іншого, осевого.

На поперечному розрізі міофібрил товсті й тонкі нитки орієнтовані так, що утворюють гексагональну структуру. Фібрили оточені й тісно пов'язані з особливою структурою, що складається з трубочок та бульбашок і називається саркоплазматичним ретикулумом.

Саркоплазма. У саркоплазмі потрібно розрізняти шар зернистої цитоплазми, що прилягає до ядер, і міжфібрилярну плазму, що заповнює проміжки між фібрилами. Зерниста цитоплазма вміщує різні органоїди (організовані внутрішньоклітинні утворення, які беруть участь в основних життєвих функціях).

Ядра розташовані по периферії клітини під оболонкою. Вони мають овальну, плоску форму. Структура ядер неоднорідна. В них вміщуються переважно дезоксирибонуклеопротейни. Ядра вкриті надтонкою оболонкою, що складається з двох шарів білкових молекул, між якими лежить ліпідний прошарок.

Мітохондрії — це утворення кулястої або видовженої форми діаметром 0,7-1,0 мкм (2-7 мкм). Вони обмежені двошаровою мембраною завтовшки до 180 нм, що складається з глобулярних білкових молекул та шару молекул ліпідів. У середині мітохондрії розташовані також двошарові мембрани, що складаються з білково-

фосфоліпідних комплексів у вигляді перегородок, гребенів.

Рибосоми (саркосоми) — це утворення круглої або овальної форми діаметром від 200 до 300 нм. Вони складаються переважно з білкової оболонки і рибонуклеїнових кислот (РНК). Лізосоми — нестійкі утворення сферичної форми (середній діаметр близько 0,4 мкм), оточені ліпопротеїдною мембраною. У структурі локалізовані різні гідролітичні ферменти. Фізіологічною функцією лізосомів є внутрішньоклітинне перетравлення.

М'язова тканина характеризується складним хімічним складом. До неї входить значна кількість побічних речовин, вміст і властивості яких можуть змінюватися залежно від багатьох факторів як за життя тварин (передзабійне утримання), так і відразу після забою. Вміст води у м'язах коливається залежно від віку тварин: чим вони молодші, тим більше вологи в м'ясі. Вміст води в різних групах м'язів неоднаковий і зменшується у міру збільшення вмісту жиру (рис. 3).

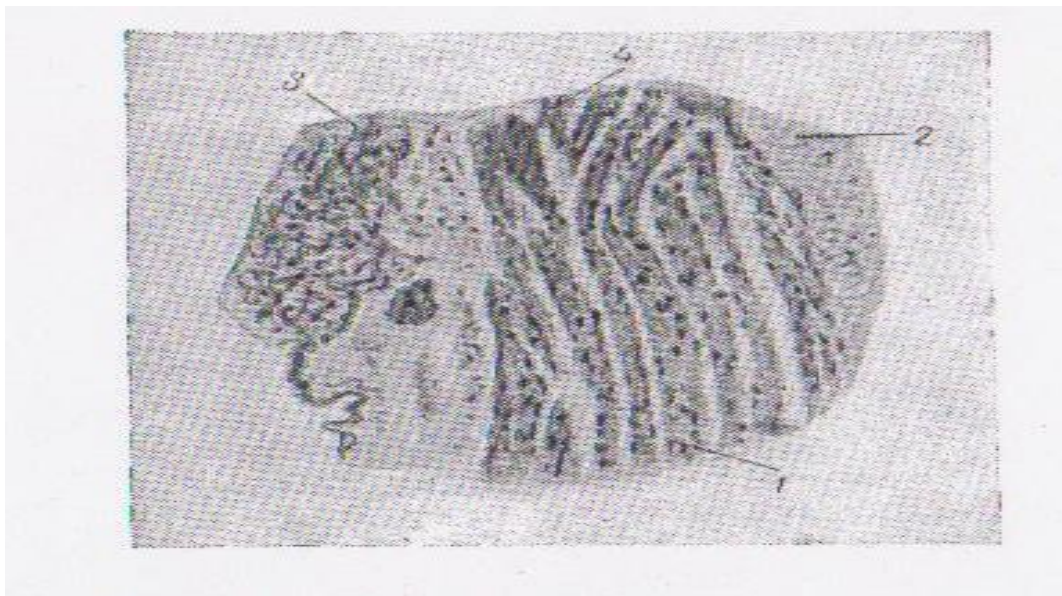


Рис.3. М'язова тканина в поздовжньому розрізі:
1-м'язеві волокна; 2-жирова тканина; 3-сполучна тканина;
сполучнотканинні прошарки

Після висушування м'язової тканини сухий залишок становить близько 30%, у тому числі органічних речовин 20-28 %; неорганічних солей — 1,0-1,5 %.

1.2. Основні білки м'язової тканини та їх властивості

Основним компонентом органічних речовин тканини є білки. На їхню частку припадає близько 80 % сухого залишку або 16,5 -20,9 % маси тканини. Чільне місце належить численним екстрактивним речовинам (азотистим і безазотистим), що виконують важливу роль у біохімічних перетвореннях м'язів. Деякі з них є проміжними або кінцевими продуктами обміну. До складу сухого залишку входять також жири й інші ліпіди. У м'язовій тканині містяться різні вітаміни.

Міоген складається із комплексу міогенів А, В і С. Міоген становить близько 20% від усіх білкових волокон і є повноцінним білком. Він розчиняється у воді, утворюючи 20-30% гомогенні розчини з невеликою в'язкістю. Температура денатурації вільного від солей міогену 55-60°C, ізоелектрична точка в інтервалі рН 6,0-6,5. З часом частина міогену переходить у нерозчинний стан.

Міоглобін. Вміст міоглобіну в м'язовій тканині становить близько 1% і залежить від віку тварин і виду м'язів. Це розчинний у воді білок. Міоглобін — пігмент хромопротеїд, який складається із глобіну і гему (феропротопорфірин), що координаційно пов'язані між собою. Глобін, що входить до складу протеїду, за амінокислотним складом є повноцінним білком. На одну молекулу міоглобіну припадає один гем. Температура денатурації міоглобіну близько 60

°C. Денатурація міоглобіну супроводжується відщепленням простетичної групи. Міоглобін здатен приєднувати оксид азоту, сірководень та кисень за рахунок додаткових зв'язків. У разі приєднання кисню утворюється оксиміоглобін, який з часом переходить у метміоглобін буро-коричневого кольору. При цьому залізо віддає один електрон. Під дією відновників метміоглобін знову відновлюється до міоглобіну.

Міоглобін забарвлений у темно-червоний колір і зумовлює природне забарвлення м'язової тканини. Інтенсивність забарвлення м'яса залежить від вмісту міоглобіну. При переході міоглобіну в метміоглобін забарвлення м'яса стає коричневим, воно помітне, коли змінюється близько 50 % міоглобіну за схемою:

Міоглобін крім передавача кисню виконує також роль міцного фактора, що полегшує проникнення кисню в середину клітин. Унаслідок цього у м'язах, що працюють інтенсивно, вміщується відносно більше міоглобіну, тому вони мають темніше забарвлення (наприклад, м'язи ніг і шиї великої рогатої худоби, м'язи коней), ніж м'язи, що не працюють або працюють менш інтенсивно.

Глобулін Х білок, що становить близько 20% від усієї кількості білкових речовин м'язової клітини. Він є повноцінним, не розчиняється у воді, але розчиняється в сольових розчинах навіть низької концентрації. Температура денатурації при рН 6,5 близько 50°C, при рН 7,0-80°C, ізоелектрична точка лежить близько рН 5,2. Глобуліну Х притаманні ферментативні властивості.

Міоальбуміни складають близько 1-2 % білкових речовин м'язового волокна. Вони розчиняються у воді і не розчиняються в

кислому середовищі, оскільки мають ізoeлектричну точку близько рН 3-3,5, температура їх денатурації 45-47°C.

Нуклеопротейди. До складу білків саркоплазми нуклеопротейди входять у невеликій кількості. Вони зосереджені переважно в рибосомах, саркоплазматичному ретикулі. Особливістю їх є наявність у структурі молекули рибози, тобто нуклеїнові кислоти нуклеопротейдів саркоплазми є рибонуклеїновими кислотами (РНК).

Установлено, що білки саркоплазми мають желеутворювальну здатність, особливо за наявності аденозинтрифосфornoї кислоти (АТФ). За високих концентрацій Ca^{++} гель розріджується. Желеутворення білків саркоплазми залежить від наявності в середовищі фрагментів саркоплазматичного ретикулума. Видалення цих фрагментів не дає білкам можливості утворювати гель, що пов'язано з властивостями ретикулума, з його роллю в переміщенні Ca .

Білки міофібрил. Міозин — повноцінний фібрилярний білок, що становить близько 40 % білкових волокон, добре перетравлюється. Його молекули мають виражену ферментативну активність, легко взаємодіють між собою і актином, мають високу водо-зв'язувальну, желеутворювальну і емульгуючу здатності.

Здатність зв'язувати катіони металів та деякі інші фізико-хімічні властивості міозину пояснюються особливостями складу його первинної структури і будовою молекул. Близько 30% усього амінокислотного складу міозину припадає на частку дикарбонових кислот (глутамінової і аспарагінової), що надає білку кислотного характеру і зумовлює специфічну здатність зв'язувати йони калію, кальцію і магнію за рахунок великої кількості вільних карбоксильних

груп. Тому ізоелектрична точка міозину лежить у кислій зоні при рН 5,4-5,5.

Здатність міозину з'єднуватися з актином та його АТФ-активність залежать від наявності в молекулі білка вільних сульфгідрильних груп. Міозин має ферментативну активність, каталізує гідролітичний розпад аденозинтрифосфорної кислоти на аденозиндифос-фору і фосфору кислоти:

Розпад АТФ під впливом міозину супроводжується відокремленням неорганічного фосфату та виділенням з високоенергетичного зв'язку нуклеотиду великої кількості енергії, яка використовується для здійснення акту м'язового скорочення. Аденозинтри-фосфатазна активність міозину залежить від наявності в складі молекули вільних ЯН-груп і деяких солей (кальцію, магнію) та рН середовища. Молекули міозину легко асоціюють одна з одною, утворюючи часточки з молекулярною масою, яка приблизно в 8 разів більша за вихідну. Крім того, міозин взаємодіє з іншими білками і компонентами клітин, наприклад міозин утворює міцний комплекс з актином і глікогеном.

У клітинах міозин здатний бути у комплексі з ліпідами (в складі цієї фракції є холестерин). Міозин денатурує за температури 45-50°C.

Актин становить 12-15% від усіх м'язових білків. Він є основним компонентом тонких ниток у структурі міофібрил м'язового волокна. Актин повноцінний білок, що добре перетравлюється харчовими ферментами.

Актин може існувати в двох формах, різних за фізико-хімічними властивостями: Г-актин (молекули кулеподібні) і фіб-рилярний Ф-

актин (молекули витягнуті).

У волокнах живих м'язів у стані спокою актин перебуває в глобулярній і фібрилярній формах. Фібрилярний актин може переходити у глобулярний і навпаки.

Так, під впливом розчинних солей лужних і лужноземельних металів у певних концентраціях актин переходить у фібрилярну форму в результаті лінійної агрегації молекул. При видаленні цих солей він знову перетворюється на глобулярний актин. Фібрилярний актин утворюється також при заморожуванні м'язів, унаслідок підвищення концентрації в них солей.

Актоміозин — комплексний білок. Він складається з двох білків актину і міозину. За певних умов міозин ЯН-групами здатний взаємодіяти з оксигрупами фібрилярного актину, утворюючи актоміозин. Співвідношення актину і міозину в м'язах 1 : 3. Актоміозин має інші властивості, ніж актин і міозин. Скорочуючись, він зумовлює скорочення м'язів за життя тварин та при посмертному задубінні. Істотну роль у цьому процесі відіграє АТФ. За наявності аденозинтрифосфорної кислоти і залежно від її концентрації актоміозин частково або повністю дисоціює на актин та міозин. У складі м'язової тканини актоміозин залежно від умов може перебувати в асоційованій або частково дисоційованій формі, що вміщує незначну кількість актину. Дисоціація актоміозину на вихідні компоненти відбувається при підвищеній концентрації солі. При розведенні актоміозин випадає в осад. Температура денатурації актоміозину 42 - 48 °С. Актоміозин не розчиняється у воді.

Тропоміозин — структурний білок міофібрил. Він становить 4 -

7 % міофібрилярних білків. За амінокислотним складом тропоміозин відрізняється від міозину: в його молекулі немає триптофану. Водночас він має високий вміст дикарбонових і основних амінокислот. Характерною особливістю білка є стійкість до денатурації. В 0,1 М сольовому розчині тропоміозин не осаджується при нагріванні до 100 °С при рН 6,3. Тропоміозин міститься в міофібрилах, в яких він зосереджений в ізоторопних дисках в зоні Z-мембран. Тропоміозин є складним комплексом з двох білків: тропоміозину Б і тропіну. Перший збільшує чутливість актоміозину до Ca^{2+} й ініціює АТФ-активність міозину.

У процесі скорочення м'язів тропоміозин виконує функцію, пов'язану з передачею кальцію.

Крім перелічених білків у міофібрилах вміщуються інші білки (водорозчинні), функції яких ще до кінця не виявлені. Серед них можна виділити а-актинін, який сильно активує взаємодію Ф-актину з тропоміозином. Інший білок, виділений з міофібрил (ф-актинін), оточує нитки Ф-актину в дисках. Десмін-білок бере участь у побудові Z-ліній міофібрил.

Білки строми. До цієї групи належать білки, що складають сарколему і пухку сполучну тканину, які об'єднують м'язові волокна в м'язові пучки. На поверхні сарколеми розташовані сполучнотканинні волокна, що складаються з білків сполучної тканини (протеїноїдів): колагену, еластину і ретикуліну. У міжклітинному просторі м'язової тканини містяться муцини і мукоїди — слизоподібні білки, що виконують захисні функції і полегшують ковзання м'язових пучків.

Вміст ліпідів у препаративній м'язовій тканині становить близько 3 % і коливається залежно від виду, статі, віку і вгодованості тварин.

Ліпіди входять до складу м'язового волокна, виконують функції двоякого роду. Частина їх, переважно фосфоліпіди, є пластичним матеріалом і належать до структурних елементів м'язового волокна — міофібрили, кліткові мембрани, прошарки гранул.

Друга частина ліпідів, наприклад тригліцерини, виконує роль резервного енергетичного матеріалу. Такі ліпіди вміщуються в саркоплазмі у вигляді дрібних краплинок на полюсах мітохондрій. У великій кількості ліпіди є в міжклітинних просторах, між пучками м'язів в сполучених прошарках.

Сумарний вміст тригліцеринів у м'язах різних тварин значно коливається і залежить від стану тварини, її виду, віку, статі, умов утримання і відгодівлі. При значних зусиллях під час роботи м'язів вміст ліпідів в міжклітинних просторах скорочується до мінімуму.

Вміст поліненасичених жирних кислот, що входять до складу ліпідів, значно вищий у клітинах м'язової тканини свиней, ніж жуйних тварин.

Жири характеризуються низькою полярністю, у воді практично нерозчинні. У невеликій кількості вода з жиром утворює стійку колоїдну систему (за температури 40°C жир приєднує від 0,15 до 0,45% води). Проте за певних умов жир з водою може утворювати досить стабільні емульсії, що є важливою обставиною в ковбасному виробництві. Отже, здатність жиру до взаємодії з водою залежить від природи жиру, температури його плавлення, ступеня диспергування та інших факторів. Так, свинячий жир емульгує краще, ніж яловичий,

кістковий (легкоплавкий) жир — краще за свинячий, гомогенізований жир — краще від грубо подрібненого.

Основною сировиною для виготовлення ковбасних виробів є м'ясо: яловичина, свинина, баранина, а для деяких сортів ковбас — конина, оленина, м'ясо свійської птиці, субпродукти та інші продукти забою тварин.

Харчова цінність м'яса. Поживна цінність м'яса залежить від його хімічного складу, ступеня засвоюваності та органолептичних показників. У м'ясі тварин містяться всі речовини, що необхідні для росту й розвитку організму людини, а також підтримки його життєдіяльності. М'ясо і м'ясопродукти — джерело повноцінних білків, тваринного жиру, необхідних мінеральних солей та багатьох вітамінів.

Білки — це найважливіший компонент харчових продуктів тваринного походження, основа структурних елементів клітин і тканин. З білками пов'язано здійснення основних проявів життя: обмін речовин, скоротність, подразливість, здатність до росту, розмноження.

Білки є складними високомолекулярними речовинами, які побудовані з сотень амінокислотних сполук. Крім структурних білків до білкових речовин відносяться ферменти, гормони і нуклеопротейди. Абсолютно незамінними в щоденному харчуванні людини будь якого віку є білки. Білки м'яса мають високу засвоюваність, перетравлюються повільніше і довго затримуються в шлунку, тому м'ясні продукти довше створюють відчуття ситості, ніж рослинні. Через те, що м'ясо і м'ясопродукти багаті на триптофан,

лізин і метіонін, вони не лише добре засвоюються, а й підвищують засвоєння білків рослинного походження, що дає можливість збалансувати харчові раціони людини. Тому для забезпечення організму амінокислотами необхідно, щоб в денний раціон входило не менше половини білків тваринного походження.

Жири відіграють значну роль в організмі людини. Вони мають високі смакові якості, є важливим джерелом енергії: 1 г жиру виділяє 9,3 ккал, це в 2,4 раза більше, ніж 1 г вуглеводів і білків (4,1 ккал). Жири є добрими розчинниками вітамінів А, Б, Е, К, надходження яких в організм залежить від вмісту в харчових продуктах жирів. З жирами в організм людини надходять фосфатиди, які відіграють значну роль у правильному обміні жирів. Експериментально доведено, що тварини, які одержують раціон без жиру, менш стійкі до несприятливих зовнішніх факторів (інфекцій, холоду і т.п.), тривалість їх життя також менша. Аналогічно реагує на відсутність в харчових раціонах жирів і організм людини.

В раціоні здорової людини близько 30% загальної калорійності їжі повинні становити жири. Це значить, що людина мусить з'їдати 80–100 г жирів на день. Багаті на жир різні види м'яса. У 100 г жирної яловичини міститься приблизно 20 г жиру, свинини – 30 г, гусячого м'яса – 27 г, сосисок – 17 г, ковбаси – 15 г і т.д.

Мінеральні речовини також є необхідною складовою частиною їжі. Нестача їх у харчуванні може викликати різні захворювання. Якщо штучно позбавити тварин мінеральних солей, вони незабаром гинуть. Мінеральні речовини, що містяться у м'ясі і м'ясопродуктах, підтримують незмінним сольовий склад крові та екзогенний тиск,

беруть участь у водному обміні, виконують ряд інших важливих функцій в організмі. У продуктах тваринного походження міститься значна кількість вітамінів, особливо групи В. Багате на вітаміни не лише м'ясо, а й м'ясопродукти: в печінці міститься велика кількість вітамінів А, В₂, В₆, В₁₂ та ін., у нирках – вітаміну А.

Продукти тваринного походження, крім калорійності, наявності повноцінних білків, мінеральних речовин і вітамінів, містять значну кількість екстрактивних речовин, які під час варіння переходять у бульйон, надаючи йому специфічного смаку та аромату.

Проте продукти тваринного походження є ще й середовищем розмноження мікроорганізмів. Тому ці продукти можуть за певних умов бути джерелом отруєння людини токсинами мікроорганізмів, а також інфекції та інвазії. Таким чином, поживна цінність продуктів тваринного походження залежить не лише від їх складу, а й від умов технологічної переробки та наступного зберігання.

Морфологічний склад м'яса. Якість м'яса і його біологічна цінність залежать від морфологічного складу. Воно складається з м'язової, сполучної, жирової та кісткової тканин, крові, лімфатичних вузлів та елементів нервової тканини.

М'язова тканина. М'язова тканина є основною частиною м'яса, 50–75% маси всієї туші припадає на м'язову тканину. Будова м'язової тканини досить складна. Основний елемент м'язової тканини – це м'язове волокно, яке являє собою довгасте тіло з заокругленими і загостреними кінцями. Волокна, що прилягають одне до одного, з'єднуються у первинні пучки, первинні пучки – у вторинні, вторинні – у третинні і т.д. утворюють м'яз, який за допомогою сухожиль і

фасцій приєднується до кісток скелета.

В свою чергу кожне м'язове волокно складається з оболонки (сарколеми) і саркоплазми (цитоплазми) з численними ядрами, органелами, в яких знаходяться найтонші волоконця – міофібрили.

У саркоплазмі вздовж осі волокон розміщені міофібрили, які складаються з ділянок, що рівномірно чергуються і мають різне світлозаломлення. Темні та світлі ділянки створюють враження поперечної покресленості м'язового волокна. Тому скелетна мускулатура називається поперечносмугастою. Всі м'язи пронизані кровоносними та лімфатичними судинами, нервами, які, розгалужуючись, проходять в сполучнотканинних прошарках.

Кількість м'язової тканини в тушах залежить від породи тварини, статі, віку, але, головним чином від вгодованості. Чим вища вгодованість тварини, тим менше міститься м'язової тканини в загальному співвідношенні складових частин м'яса і більше жиру. У молодих тварин м'язової тканини більше, ніж у старих, а у самців більше, ніж у самок.

Сполучна тканина. Сполучна тканина виконує в організмі механічну роль. Структурні особливості її в тому, що нечисленні клітинні елементи переважно зірчастої або веретеноподібної форми, оточені міжклітинною речовиною, яка складається з утворюючих клей (колагенових), еластичних волокон та міжклітинної речовини.

Сполучна тканина ділиться на щільну, пухку та еластичну залежно від співвідношення колагенових, еластичних волокон і інших морфологічних елементів. Щільна сполучна тканина складається переважно з колагенових волокон і утворює зв'язки,

сухожилля, капсули, прошарки між м'язами і м'язовими волокнами, фасції м'язів, оболонки мозку, стінки кровоносних судин, шкіру. Пухка сполучна тканина містить велику кількість клітинних елементів і в основному виконує сполучну роль між м'язами, а також шкірою і поверхневою фасцією. Еластична сполучна тканина складається в основному з еластичних волокон і входить до складу зв'язок, фасцій та стінок кровоносних судин (рис. 4).

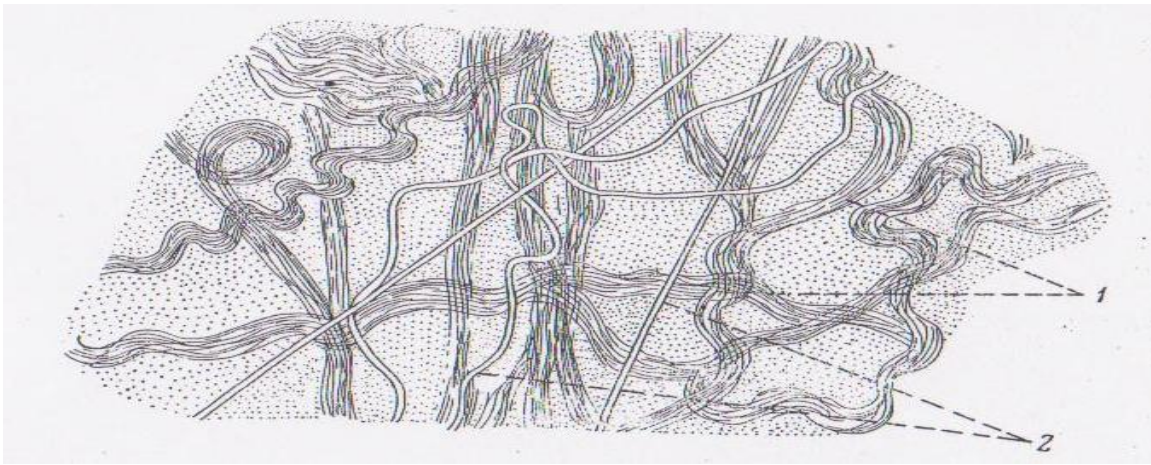


Рис.4. Сполучна тканина:

1- колагенові волокна; 2- еластинові волокна

Специфіка структури тропоколагену визначається особливістю його амінокислотного складу. Приблизно 33% амінокислотних залишків макромолекул колагену становить гліцин, 21% — пролін і оксипролін, 11% — аланін. У колагені немає триптофану, цистину, цистеїну, мало метіоніну і тирозину. Наявність у небагатьох білках оксипроліну дає змогу за вмістом цієї амінокислоти робити висновок про кількість колагену в м'ясі.

Особливості будови колагенових волокон визначають їх високу здатність до набухання і велику механічну міцність, що, в свою чергу,

впливає на консистенцію м'яса. Нативний колаген не розчиняється у воді, проте має здатність до набухання. Він стійкий до дії пепсину і трипсину, підлягає гідролізу в присутності колагенази підшлункової залози. Колаген може перетворюватися на легкозасвоювані поліпептиди у результаті гідролізу в присутності деяких рослинних ферментів. Під дією альдегідів відбувається дублення колагену, тобто утворення між пептид-ними ланцюгами метиленових містків, що підвищує його механічну міцність, стійкість при нагріванні в присутності води і впливу протеолітичних ферментів.

Теплове оброблення призводить до дезагрегації макромолекул колагену, характер яких залежить від температури і тривалості нагрівання.

За помірного теплового впливу колаген «зварюється» внаслідок порушення частини видимих зв'язків у середині пептидних ланцюгів. Зміни їх взаєморозташування у триспиральній структурі тропоколагену супроводжується її розпушенням, підвищенням гідратації системи і збільшенням доступних пептидних зв'язків дії протеаз.

Підвищення температури (до 90 °C) і збільшення тривалості нагрівання зумовлюють гідротермічний розпад тропоколагену на складові макромолекули — пептиди в результаті руйнування водневих зв'язків між ними. Продукт дезагрегації колагену — глютин — інтенсивно набухає у воді й за температури 40 °C переходить у розчин, зниження температури якого супроводжується утворенням драглів.

Глютин легко перетравлюється протеолітичними ферментами.

Подальше нагрівання за підвищених температур приводить до гідролізу пептидних зв'язків з утворенням низькомолекулярних продуктів — глютоз (желатоз). При цьому може відбуватися їх взаємодія з утворенням нових сполук.

Наявність глютоз знижує гідратацію системи і негативно впливає на драглеутворення (знижується міцність драглів). Отже, характер змін колагену при тепловому обробленні м'ясної сировини може істотно впливати на якість готових виробів — їх консистенцію, водозв'язувальну здатність, перетравлюваність колагену ферментами травного каналу.

Еластинові волокна побудовані із сферичних молекул. Еластин — неповноцінний білок. Цей білок містить специфічні амінокислоти (десмозин і ізодезмозин), які беруть участь в утворенні поперечних зв'язків. Еластин дуже стійкий. Він не розчиняється в холодній і гарячій воді, має високу стійкість до дії кислот і лугів. На відміну від колагену він не змінюється під час нагрівання. Еластин не перетравлюється трипсином і хімотрипсином, але повільно гідролізується пепсином при рН 2,0.

Жирова тканина. Жирова тканина є різновидом пухкої сполучної тканини, клітинні елементи якої містять значну кількість нейтрального жиру. Жирові клітини розміщуються поодинокі або невеликими групами в сполучній тканині.

До складу жирової тканини входить невелика кількість ліпідів (фосфатидів). Жирова тканина виконує в організмі тварин в основному трофічну функцію (запас живлення) і частково механічну, вона бере участь в утворенні підшкірної клітковини, прошарків м'язової

тканини і прошарків навколо кровоносних судин та внутрішніх органів. За місцем розміщення жирова тканина ділиться на підшкірну, міжм'язову та внутрішню. Кількість жиру в туші коливається залежно від виду тварин, статі, віку, але головним чином від породи. Жир відкладається між м'язовими пучками, створюючи мармуровість м'яса, у деяких тварин – переважно в підшкірній клітковині та внутрішніх органах (рис. 5).

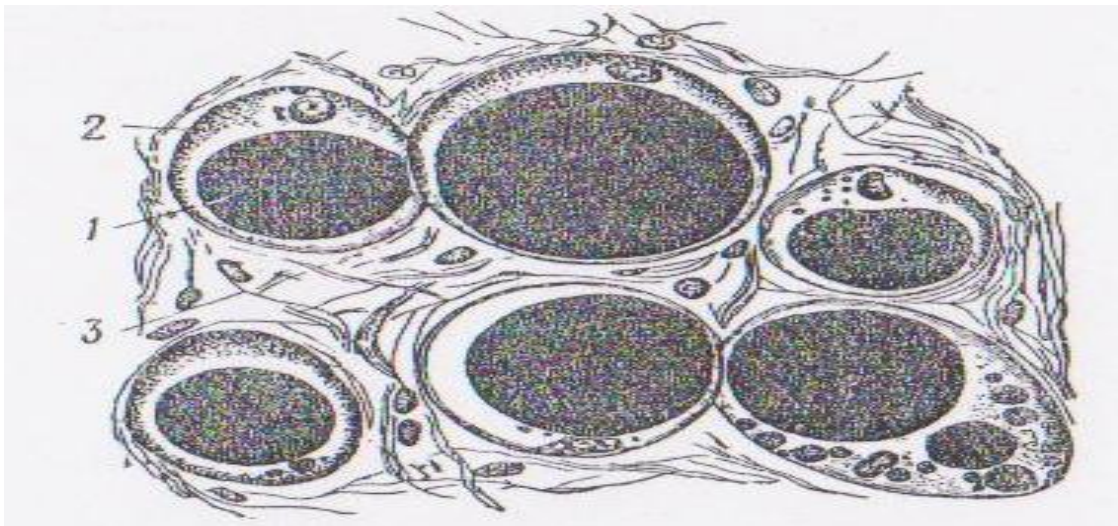


Рис.5. Жирова тканина:

1- жирова крапля в жировій клітині; 2- протоплазма жирової клітини; 3- колагенові волокна

Кісткова тканина. Один з різновидів сполучної тканини і утворює скелет, що є опорою тіла тварини. Кісткова тканина складається з кісткових клітин – остеоцитів, основної безструктурної міжклітинної речовини, ущільненої мінеральними солями, головним чином фосфорнокислим та вуглекислим кальцієм (рис. 6.).

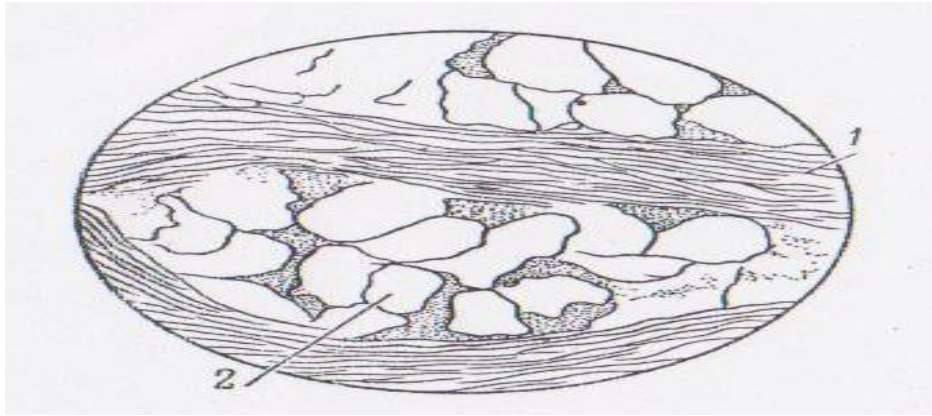


Рис. 6. Кісткова тканина в розрізі:
1-губчата тканина; 2- жирові клітини

Розрізняють два види кісткової тканини – компактну і губчасту. Компактна тканина має вигляд однорідної суцільної маси, губчата складається з тонких перекладинок, що перетинаються і утворюють порожнини, заповнені кістковим мозком. Кістки скелету ссавців бувають трубчастими і пластинчастими. До трубчастих відносяться кістки кінцівок, кінці яких побудовані з губчатої тканини. До пластинчастих кісток відносяться ребра, лопатки, кістки голови. У середині деяких пластинчастих кісток також є губчата речовина.

Екстрактивні речовини. Екстрактивні речовини входять до складу м'яса сільськогосподарських тварин, надають йому специфічного смаку і аромату, а також беруть участь у процесах дозрівання м'яса. Екстрактивні речовини діляться на азотисті та безазотисті. Азотисті екстрактивні речовини являють собою різні сполуки, що містять азот, але не є білками.

Ряд сполук, що входять до складу азотистих екстрактивних речовин – карнозин, карпитин, ансерин та креатин беруть участь у процесах травлення, стимулюють діяльність травних залоз. М'ясо

дорослих тварин більш багате на азотисті екстрактивні речовини, ніж м'ясо молодняка.

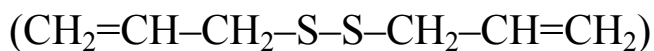
Безазотисті екстрактивні речовини в основному беруть участь у процесах дозрівання м'яса. Загальна кількість безазотистих речовин у м'язовій тканині залежить від вгодованості тварини, віку відгодівлі, передзабійного стану і пори року. З безазотистих екстрактивних речовин у м'ясі містяться: глікоген, глюкоза, мальтоза, а також продукти їх розпаду, піровиноградна і янтарна кислоти. В м'ясі молодих тварин безазотистих екстрактивних речовин більше, ніж в м'ясі старих.

Мінеральні речовини. Залежно від кількості мінеральні речовини діляться на макроелементи та мікроелементи. До макроелементів відносяться мінеральні речовини, вміст яких в тканинах виражається десятими частками процента. Мікроелементами називають мінеральні речовини, вміст яких в тканинах менше, ніж 0,01 %. Вміст мікроелементів у м'ясі дуже коливається і залежить в основному від вмісту цих мікроелементів у ґрунті, воді та кормах даної зони

Вітаміни. М'ясо є добрим джерелом вітамінів, в ньому містяться майже всі вітаміни: А, С, Б, Е, В. Проте в практичному відношенні м'ясо становить цінність як джерело вітамінів групи В. У м'ясі містяться всі вітаміни групи В і в значних кількостях. Більшість вітамінів групи В стійкі до високих температур і не руйнуються при технологічній та кулінарній обробці м'яса. Консервування м'яса низькими температурами і зберігання охолодженого та замороженого м'яса не впливає на вміст в ньому вітамінів.

Смакові добавки до м'ясних продуктів можуть бути натуральними та синтетичними. Деякі смакові приправи стандартизовані, в такому випадку вони можуть бути включені до спеціальної категорії – харчові добавки.

Як приправи використовують свіжі чи висушені подрібнені наземні частини рослин – кріп, коріандр; насіння – аніс, гірчиця; плоди і насіння – чорний перець; квіти чи їх частини – каперси, гвоздика; листя – лавровий лист; кора – кориця; кореневища – імбир; цибулини – цибуля, часник. До приправ відносять також складні багатокomпонентні композиції, сухі, пастоподібні чи рідкі. У багатьох народів є свої традиційні приправи: соєвий соус, хмелі-сунелі, аджика тощо. До складу приправ і прянощів входять ароматичні олії, часто глікозиди, а також супутні їм вуглеводи (крохмаль) та дубильні речовини. Характерні властивості прянощів визначають глікозиди, терпеноїди, прості та складні ефіри, а також деякі каротиноїди та органічні сульфіді. Так, наприклад, діалілди-сульфід:



є не тільки приправою, а й повністю блокує утворення в усьому організмі холестеролу і перешкоджає утворенню інших побічних продуктів.

Крім надання продуктам смакових та ароматичних властивостей окремі приправи можуть бути джерелом органічних кислот (оцет), ферментів (соєвий соус) та деякою мірою мікроелементів – феруму, кальцію, йоду та інших.

Харчові добавки – природні та синтетичні сполуки, які спеціально додають до сировини для удосконалення технології ви-

готовлення та надання продукту необхідних властивостей. Це не харчові продукти, не макро- та мікронутрієнти. На сьогодні їх кількість становить понад 500. Харчові добавки повинні перевірятися на токсичність, мутагенність, тератогенність.

Харчові добавки класифікують залежно від ряду ознак і позначають індексом, який починається літерою Е (Європа) та три-значним номером. При цьому перша цифра означає: 1 – барвник, 2 – консервант, 3 – антиокиснювач, 4 – стабілізатор (зберігає консистенцію продукту), 5 – емульгатор, 6 – посилювач смаку й аромату тощо.

Кислоти, основи та солі додають у харчові продукти як регулятори рН середовища, розпушувачі, плавителі, а також для зміни смакових властивостей. Найбільш поширеними є деякі солі фосфатної, лимонної та молочної кислот. Для нейтралізації реакції середовища для гідролізу білкових продуктів чи інвертування вуглеводів використовують гідроксиди натрію (NaOH) і калію (KOH), їх солі (K_2CO_3), соляну кислоту (HCl). За призначенням харчові добавки класифікують на групи.

Харчові барвники. Їх використовують для надання харчовим продуктам характерного забарвлення, яке змінюється за технологічної обробки (нагрівання, стерилізації, сушки).

Використовують природні (натуральні) та синтетичні (органічні та неорганічні) барвники. Одним із представників є бета-каротин – червоно-жовтий пігмент, що виділяється із моркви, шипшини, перцю, квіток календули, а також одержують синтетичним способом.

Речовини, які змінюють структуру продукту: згущувачі, желе- та

драглеутворювачі. Згущувачі використовуються для одержання колоїдних розчинів з високою в'язкістю. Драглеутворювачі застосовують для одержання полікомпонентних нетекучих і структурованих систем, здатних зв'язувати воду. У хімічному плані це макромолекули, в яких рівномірно розподілені гідрофільні групи, що взаємодіють із водою.

Серед них натуральні природні речовини рослинного (крім желатину) походження: желатин, пектин, агароїди, камеді та сполуки, що одержують штучно (напівсинтетично), у тому числі із природних джерел (метилцелюлоза, карбоксиметилцелюлоза, амілопектин, модифіковані крохмалі).

Желатин – білковий продукт, суміш лінійних поліпептидів з різною молекулярною масою, не має смаку та запаху. Одержують із кісток, хрящів та сухожилів тварин. Крохмаль $(C_6H_{10}O_5)_n$ та модифікований крохмаль використовують як згущувачі. Модифікація крохмалю дозволяє суттєво змінити його будову та властивості (гідрофільність, здатність до клейстеризації, гелеутворення). Окиснені крохмалі утворюють клейстери пониженої в'язкості та підвищеної прозорості. Крохмалофосфати, окрім цього, стійкі до нагрівання, дії кислот та перемішування.

Полісахариди, виділені із морських водоростей – важливий вид харчових добавок. До них належать агар-агар, агароїди, альгінова кислота та її солі тощо. Агар-агар – жовто-білий порошок чи пластівці. Містить 1,54 % мінеральних солей, 10–20% води та 70-80 % полісахаридів, у складі яких виявлені D- та L-галактози, 3,6-ангідрогалактози, пентози, D-глюкуронова та піровиноградна

кислоти. Желатинована здатність у 10 разів вища, ніж у желатину. Агароїд також одержують із водоростей. Желатинована здатність у 2 рази нища, ніж в агар-агару. Альгінова кислота являє собою полімерний ланцюг, що складається із залишків D-маннуринової та L-гулуринової кислот. Вона виводить з організму важкі метали та радіонукліди. Ряд цілющих властивостей морської капусти зумовлений саме альгіновою кислотою. Альгинати – солі альгінової кислоти, зокрема: альгінат натрію (E401), альгінат калію (E402), альгінат кальцію (E404).

Речовини, які регулюють властивості сировини та продукту – це в першу чергу поверхнево-активні речовини (ПАР). Вони здатні концентруватися на поверхні розділу фаз, знижувати поверхневий натяг, що дає можливість використовувати їх для одержання тонкодисперсних та стійких колоїдних систем. Зазвичай, молекули таких речовин мають дифільну будову, тобто містять полярні гідрофільні та неполярні гідрофобні групи. До харчових ПАР відносять моно- та дигліцероли, фосфоліпіди, естери полігліцеролу, сахарози та сорбіту тощо.

Смакові та ароматичні добавки використовуються в основному як підсилювачі аромату. Глутамінова кислота – харчова добавка (E620) та її солі (E621–625) використовуються як посилювачі смаку та аромату у багатьох харчових продуктах та консервах.

Речовини, які підвищують збереженість та збільшують термін зберігання продукту, – це добавки, в основному антиокиснювачі та консерванти. Антиоксиданти уповільнюють окиснення ненасичених жирних кислот, що входять до складу ліпідів. Зазвичай їх

використовують у жировмісних продуктах.

Із природних антиоксидантів виділяють токофероли (зокрема, з гарбузової олії), аскорбінову кислоту $C_6H_8O_6$ (E300) та аскорбат натрію $C_6H_7O_6Na$ (E301). Із синтетичних – бутилоксіанізол та бутилоксітолуол.

Консерванти підвищують термін зберігання та захищають продукти від псування пригніченням розвитку бактерій, плісняви, дріжджів та інших мікроорганізмів. Неорганічними консервантами є оксид сульфуру (SO_2), сульфіти (Na_2SO_3 та $NaHSO_3$). Органічні консерванти – бензойна й сорбінова кислоти та їх солі. У деяких випадках використовують природні сполуки, наприклад, алілгірчичну олію, нізин (антибіотик, який виробляється молочнокислими бактеріями).

1.3. Біохімічні властивості крові забійних тварин

Кров, отримана безпосередньо з туш тварин при забої, швидко згортається. Час між вивільненням крові й початком її згортання для крові великої рогатої худоби становить 6,5 хв., крові свиней 3,5 хв., крові дрібної рогатої худоби 2,5 хв., крові птиці до 1 хв. Згортання крові зумовлене перетворенням розчинного білка плазми фібриногену на нерозчинний білок фібрин. Цей процес прискорюється при нагріванні до температур понад $37^{\circ}C$ і значно уповільнюється при охолодженні до $0^{\circ}C$.

При згортанні крові у спокійному стані (без механічного перемішування) нитки фібрину захоплюють частину формених елементів, утворюючи кров'яні згустки. Через деякий час нитки

фібрину скорочуються, згусток стискується і відокремлюється чиста сироватка.

У разі механічного перемішування нитки фібрину намотуються на мішалку і згустки не утворюються. Таким чином отримують дефібриновану кров, що не містить фібрину. На практиці часто виникає потреба в запобіганні або уповільненні згортання крові. Для цього додають речовини (стабілізатори), які унеможливають цей процес.

Стабілізаційний ефект цих речовин можна пояснити, зрозумівши сутність процесу згортання крові. Розглядаючи біохімічний процес згортання крові (гемостаз), потрібно чітко уявляти, які речовини і реакції відповідають за утворення згустку і які фактори запобігають утворенню тромбу фібрину. В утворенні згустку крові у ссавців бере участь велика кількість білків плазми. Кров може згортатися за допомогою двох механізмів: зовнішнього і внутрішнього згортання.

Кожний з цих механізмів регулюється каскадною системою (каталізуючих ефектів) перетворення неактивних проферментів на активні ферменти, що зумовлюють утворення тромбіну і перетворення фібриногену на фібрин. Усі ферментні фактори згортання крові подані протеазами і можуть інгібуватися подібно до трипсину.

Перетворення фібриногену на фібрин відбувається під дією ферменту тромбіну, який є активною формою ферменту протромбіну, що міститься в плазмі крові. В активну форму протромбін переходить завдяки дії тромбопластин (ферменту тромбокінази), які перебувають

у тромбоцитах в неактивній формі протромбокінази. Перехід протромбокінази в активну форму відбувається під час її переходу в плазму крові під дією природних причин (руйнування оболонки тромбоцитів) або механічних факторів, що діють при знекровленні. Протромбокіназа взаємодіє з ферментом тромботропіком, що перебуває у плазмі і переходить в активну форму тромбокінази.

У процесі життя тварин утворення тромбокінази пригнічує антитромбокінази (антитромбопластини), які виробляють стінки кровоносних судин. Антитромбокіназа за наявності іонів кальцію інактивує тромбопластини.

Отже, процес згортання крові можна поділити на три етапи:

- руйнування тромбоцитів, вивільнення і активування тромбопластин тромботропіном;
- перетворення протромбіну, що перебуває в плазмі, на тромбін під дією тромбопластин за участю іонів кальцію, вітаміну К.
- утворення під дією тромбіну фібрин-мономера з наступною його полімеризацією без участі ферментів.

Під дією тромбіну розриваються пептидний зв'язок гена з утворенням фібрин-мономера і фібринопептид (з молекулярною масою близько 3% від маси фібриногену). Процес відбувається завдяки гідролізу пептидних зв'язків, утворених карбоксильними групами залишків аргініну і лізину.

Фібрин-мономер полімеризується з утворенням розгалужень ниток фібрину. Полімеризація пов'язана з утворенням нових міжмолекулярних дисульфідних поперечних зв'язків. Сітка з ниток фібрину при збиванні різко скорочується в об'ємі при їх взаємодії. Цю

властивість використовують при дефібринуванні крові. Запобігти (сповільнити) згортання крові, стабілізувати її можна вилученням із ланцюга реакцій окремих компонентів, що каталізують каскад активації ферментів або загальмовують розвиток ферментних процесів.

До стабілізаторів першого типу належать солі, що зв'язують передусім іони кальцію, утворюючи з ним нерозчинні сульфати, одно- і двозаміщені фосфати, пірофосфати, фториди і оксалати, а також малодисоціаційні солі з цитратом, триоксиглутаратом. Ці речовини додають у кількості, достатній для зв'язування 0,007% іонів кальцію, що міститься в крові сільськогосподарських тварин.

Стабілізаторами другого типу вважають з'єднання, що є інгібіторами протеаз. Це катіони магнію, цинку, берилію, які пригнічують активність тромбопластин. Інгібіторами тромбіну можуть бути також нейтральні солі лужних металів, які загальмовують перетворення фібрин-мономера на волокнистий фібрин-полімер, наприклад хлорид натрію, який в 3%-й концентрації утворює комплекс з фібриногеном.

Крім цього, використовують дикумарин, природний сульфатований кислий полісахарид — гепарин, що міститься в печінці, легенях, м'язах тварин біля системи судин, і гірудин, що виробляється в ротовій порожнині п'явок. Гепарин запобігає активації факторів згортання як *in vivo*, так і *in vitro*, хоча не діє безпосередньо на самі фактори. Його протизгортальна активність залежить від наявного в плазмі білкового інгібітору серинових протеаз — антитромбіну, що взаємодіє з тромбіном, транглутаміназою, яка

сприяє полімеризації фібрину. Антитромбін за наявності гепарину швидко утворює нерозчинні комплекси з протеїназами, вилучаючи їх із каскаду фібриноутворення. Крім природних речовин для стабілізації крові застосовують штучні препарати. Щоб сповільнити швидкість ферментних реакцій, використовують також різке переохолодження свіжої крові або зміщення рН для коагуляції каскадних ферментів при додаванні аміаку, оцтової кислоти, насичення крові вуглекислим газом.

Ефективність дії одних і тих самих стабілізаторів на кров різних видів тварин не однакова. Так, хлорид натрію краще діє на кров ВРХ, запобігаючи згортанню впродовж 24 год. Для свиней цей термін становить 10 год. Плазма крові ВРХ чутливіша до дії гепарину, ніж ДРХ. Використовують переважно стабілізатори, що пригнічують дію тромбіну і сповільнюють полімеризацію фібрин-мономерів.

Для харчової крові як стабілізатор використовують пірофосфат натрію: для крові ВРХ у кількості 3-4 кг/т крові, для свиней 5 кг/т крові, триполіфосфат 2,5 кг/т крові, сіантрин 130-0,15, хлорид натрію 25-30 кг/т крові.

Усі стабілізатори крім хлориду натрію вводять у вигляді 8-10% водного розчину. Найякісніший ефект має триполіфосфат. пірофосфат за температури 5°C запобігає згортанню крові терміном до 3 діб з незначним випаданням фібрину. За температури близько 20°C через дві доби починається гемоліз крові. За низьких плюсових температур процес гемолізу сповільнюється на 2-3 доби.

Хлорид натрію вводять тільки у разі використання стабілізованої крові для виробництва ковбасних і кулінарних виробів.

Техніка стабілізації харчової й медичної крові передбачає її збирання порожнистим ножом в окремі ємкості, які попередньо були промиті розчином стабілізатора і містять розраховану кількість стабілізатора на місткість ємкості.

Під час забору технічної крові та в більшості випадків використовують не стабілізацію, а дефібринування, що пов'язано зі складністю технології стабілізації й низькою якістю крові внаслідок забруднення і швидкого утворення фібринового згустку. У разі унеможливлення стабілізації крові її звільняють від фібрину, що утворюється, тобто дефібринують. Процес дефібринування не тільки ускладнює переробку, а й зменшує у крові вміст повноцінного білка на 4-5%.

Дефібринування можна провести як у момент згортання крові, так і після його закінчення. За першим способом отримують фабрикат харчової крові, за другим (переважно) — фабрикат технічної крові.

Харчову кров дефібринують при інтенсивному збиванні згустків мішалкою, починаючи не пізніше ніж через 1 хв. після знекровлення. Тривалість дефібринування 2-4 хв. Вихід згустку фібрину з крові великої рогатої худоби становить приблизно 6%, свиней 4%. У згустку близько половини білкових речовин складає фібрин. Механічний дефібринатор складається з бака місткістю 25 л, плоскої мішалки з вертикальним розташуванням осі обертання. Частота обертання мішалки 135 хв^{-1} . За більшої частоти обертання може відбуватися гемоліз. Мішалку можна виймати з дефібринатора, що дає змогу спростити знімання згустку фібрину з її лопатей.

Утворені нитки фібрину намотуються на лопаті мішалки. Після

закінчення процесу згусток фібрину видаляють вручну. Невелика кількість ниток фібрину може залишатись у крові, тому після дефібринування кров проціджують крізь сито.

Дефібринування згорненої крові передбачає розбивання згустку крові і видалення з неї фібрину із захопленою ним кров'ю. Після дроблення фібрину його видаляють фільтруванням крізь металеві сита з отворами решітки 2-3 мм або ж відстоюють протягом 30 хв з подальшим видаленням більш легкого фібрину з поверхні відстоюної суміші. Фільтруванням видаляють близько 85% фібрину, відстоюванням 70-75%. Нерозбиті згустки містять значну кількість крові. Щоб зменшити її втрати, згустки віджимають на цетрифузії.

Унаслідок розпилення крові (плазми, сироватки) утворюється тонка полідисперсна система з часточок різного діаметра.

Тема 2. Фактори, що впливають на якість м'яса

Для м'яса характерні властивості, що відтворюють його якість і харчову цінність. Харчова цінність – кількісне співвідношення поживних речовин у продукті та сумарна енергетична цінність, органолептичні характеристики виробу та здатність речовин перетравлюватися та засвоюватися організмом (табл. 1).

Вихід м'яса – процентне співвідношення маси м'яса (без жиру-сирцю і субпродуктів) до маси тіла тварини (перед постановкою на передзабійну витримку). Зокрема, для яловичини вищої вгодованості вихід м'яса складає 47–53%, середньої вгодованості – 44–48, свинини без шкури – 56,1–64,5, баранини – 40,9–42,0%.

Колір м'яса залежить від вмісту в ньому міоглобіну, жирової тканини (вона надає йому “мрамурового” вигляду) та інших факторів. Тут відзначаються вид, стать, порода, вгодованість, напрямок господарського використання тварин та інтенсивність біохімічних процесів, що протікають у м'ясі після забою (стадії залякання, дозрівання, автолізу та гниття).

Таблиця 1

Вплив вгодованості на хімічний склад м'яса

Вид тварин	Складові частини, %		
	білки	жир	вода
Велика рогата худоба, відгодована:			
погано	21,1	3,8	74,0
задовільно	20,0	10,7	68,3
добре	19,2	16,3	61,5
жирна	17,7	22,9	58,5
Дрібна рогата худоба, відгодована:			
погано	19,6	9,6	70,8
задовільно	16,9	17,3	64,8
добре	14,3	27,5	57,2
Кури, відгодовані:			
погано	22,6	3,1	70,8
задовільно	18,5	9,3	70,0
добре	19,3	16,8	63,7
Гуси, відгодовані:			
погано	16,3	36,2	46,7
задовільно	15,9	45,6	38,0
Качки, відгодовані:			
погано	22,6	3,1	70,8
задовільно	18,3	19,0	59,1
добре	17,0	33,6	48,2
Індички, відгодовані:			
погано	20,7	4,8	73,5
задовільно	19,4	10,5	68,9
добре	16,4	24,1	57,9

М'ясо має блідо-рожевий колір у телят, блідо-червоний – у молодняку ВРХ, яскраво-червоний – у корів і дорослих бичків-кастратів, темно-червоний – у некастрованих старих бугаїв (часто з синюшним відтінком). М'ясо, одержане від баранів і старих овець, має темно-червоний колір, молодих і дорослих овець – світло-червоний, ягнят – рожевий.

М'ясо добре відгодованих поросят найчастіше блідо-рожеве чи рожево-червоне. М'ясо добре вгодованих свиней має блідо-червоний і блідо-сірий колір. Темно- червоне забарвлення м'яса з синім відтінком виникає за недостатнього знекровлення туші. М'ясо тварин, що утримувались на вигулах, більш червоне, ніж тих, що знаходились на стійловому утриманні. Колір тваринних жирів залежить від наявності каротиноїдів, що зумовлюють виникнення жовтого кольору.

2.1. Функціонально-технологічні властивості м'яса

Запах м'яса дорослих тварин – специфічний для кожного виду. Неприємно пахне м'ясо некастрованих самців, зокрема кнурів, баранів і цапів. Причиною такого запаху є наявність капронової ($C_5H_{11}COOH$), каприлової ($C_7H_{15}COOH$) і капринової ($C_9H_{19}COOH$) кислот та деяких інших сполук.

Попередниками смаку та аромату є вуглеводи, амінокислоти, азотовмісні екстрактивні речовини, органічні кислоти та пептиди: глутатіон, карнозин, ансерин, глутатіон, карнозин і ансерин.

За недоброякісного зберігання м'яса (різноманітного забруднення, високих температур тощо) у ньому розвивається

гнильна мікрофлора, з'являється гнильний запах (причиною найчастіше є утворення з амінокислот лізину й орнітину трупних отрут – амінів кадаверину і путресцину). У м'язовій тканині накопичуються проміжні продукти обміну (молочна, піровиноградна, мурашина, ацетатна, масляна, кетоглутарова, щавлево-ацетатна кислоти), які спричиняють виникнення “букету” запахів та смаку. Сірковмісні сполуки (меркаптани, тіоспирти, тіоестери) містяться у м'ясі в незначних кількостях, проте суттєво впливають на аромат. За термічної обробки екстрактивність цих речовин значно збільшується, а смак і запах стають виразнішими.

Консистенція м'яса перш за все, визначається його тканинним складом, видом, породою забійних тварин, статтю і часом, що пройшов з моменту забою, умовами зберігання м'яса й іншими факторами. М'ясо молодняку ВРХ – ніжне і зернисте, корів м'ясних порід – тонкозернисте з вираженою “мармуровістю”, молочних порід – щільне і грубозернисте, бугаїв і некастрованих бичків – грубозернисте, без “мармуровості”.

Консистенція м'яса свиней найчастіше м'яка і ніжна, пружна в ділянці кінцівок, тонко- й грубозерниста, з добре вираженою “мармуровістю”. Охолоджене м'ясо має пружну консистенцію. Несвіже м'ясо і м'ясо у стадії гниття – непружне, у разі надавлювання ямка майже не зникає.

Ніжність та соковитість м'яса є важливою властивістю, що визначає його харчову цінність. Вона визначається місцем взяття відрубу, породи, статі, віку тварини. На ніжність та соковитість м'яса впливають тривалість, температура зберігання та методи

технологічної обробки(табл. 2).

Таблиця 2

Зміна з віком в м'язовій тканині вмісту води та білкових речовин та збільшення вмісту жиру

Складові частини	Вміст в складі найдовшого м'яза, %		Складові частини	(у %) при відгодівлі бичків у віці	
	телиці	корови		9 міс.	12 міс.
Білки	21,9	22,6	Білки	15,4	7,0
Жир	1,0	1,2	Жир	34,2	53,1
Вода	75,6	74,9	Вода	46,7	35,5

Колір м'яса обумовлює його привабливість і залежить від наявності міоглобіну та його похідних. Інтенсивний яскраво-червоний колір пояснюється оксигемоглобіном, темно-червоний – міоглобіном. Крім того, у м'ясі є сполуки, які мають червоне (гемпігменти, вітамін В12) та жовте (флавінові ферменти) забарвлення.

Окремі хімічні речовини, які формують фізико-хімічні властивості та харчову цінність м'яса, різноманітні за хімічною природою, кількісним складом і значенням.

Водозв'язувальна здатність м'яса зумовлює здатність м'яса утримувати певну кількість вологи, що впливає на його властивості та консистенцію.

М'ясо різних видів сільськогосподарських тварин і птиці містить значну кількість води, що перебуває у вільному та зв'язаному станах. У скелетних м'язах теплокровних тварин 75–80 % води та 20–

25% сухого залишку. Вміст води у м'язах втомлених тварин значно збільшується і досягає 80–83 %.

Головна маса води у м'ясі знаходиться у вільному стані (більше 90% всієї води м'яса). Зв'язана вода складає у середньому 4% всієї води м'яса.

Вода входить до складу сольватних оболонок білкових міцел. Зв'язок між міцелами білків і молекулами води здійснюється у результаті взаємодії полярних білкових груп ($-\text{COOH}$ та $-\text{NH}_2$) з диполями води. Деяка частина води входить до складу порожнинних структур клітин і симпластів тканин м'яса (іммобілізована), певна кількість сполучена із неорганічними іонами (гідратована). За певних умов (розморожування, нагрівання, в'ялення) змінюється співвідношення між різними формами води, що впливає на кількість відокремленого м'ясного соку та на його технологічні властивості.

Кількість приєднаної води у тонкоподрібненій сировині зумовлена концентрацією гідрофільних центрів білків, що, у свою чергу, залежить: від природи протеїнів та їх вмісту; рН середовища; ступеня взаємодії різних білків між собою у процесі посмертних змін актиміозинового комплексу, що супроводжується блокуванням полярних груп; наявністю нейтральних солей, зокрема кухонної, що підвищує розчинність актину і міозину, перешкоджає їх комплексоутворенню; температури середовища та ступеня подрібнення м'язової тканини.

Характеристика м'ясопродуктів складається із комплексу фізичних властивостей, тому окремі параметри не відображають характер змін навіть у найпростішому процесі. Важливе значення має

виявлення взаємозв'язку та взаємовпливу на перший погляд різних характеристик сировини та продуктів, зокрема теплофізичних, електрофізичних, акустичних, оптичних тощо.

2.2. Вади м'ясної сировини

У м'ясопереробній промисловості дуже важливим є процес зберігання м'яса. Зберігання м'яса в найкращому для споживання вигляді залежить від багатьох факторів. До таких факторів відносяться: якість м'яса, що закладається на зберігання, умови та терміни зберігання, хімічний склад м'яса, показник рН. При виробництві м'яса зустрічаються такі вади м'яса, як PSE - це водянисте, бліде, ексудативне м'ясо, величина рН такого м'яса після дозрівання становить 5,8 і нижче, м'ясо з вагою DFD - це жорстке, темне, клейке м'ясо, величина рН такого м'яса після дозрівання становить 6,2 і вище. В зв'язку з цим необхідно розробляти об'єктивну і всебічну оцінку м'ясної сировини з метою раціонального використання її при зберіганні.

Найкращими смаковими характеристиками по харчовій цінності вважається охолоджене м'ясо. Але охолоджене м'ясо зберігається досить нетривалий термін, тільки заморожування м'яса забезпечує довготривалість зберігання.

В нашій країні згідно нормативних документів яловичина зберігається в охолодженому стані при температурі -1°C протягом 16 діб, в підмороженому стані при температурі від -2°C до -3°C протягом 20 діб і в замороженому стані - до 8 місяців при -12°C .

Туші великої рогатої худоби, отриманої від бичків віком 24-36 місяців. На зберіганні в охолодженому стані було закладено 12 туш

яловичини якістю N0R, 13 туш з вадами PSE та 13 туш з вадами DFD. На заморожування було закладено 16 туш яловичини якістю N0R, 12 туш з вадами PSE та 12 туш з вадами DFD. Охолодження відбувалось при температурі -1°C , заморожування при температурі -12°C вологість не нижче 85 -90% , швидкість повітря в камері охолодження 0,2-0,3 м/с.

При здійсненні ветеринарно-санітарної оцінки охолодженого м'яса оцінювали його органолептичні показники протягом 1 - 2 годин після закладки на охолодження, 36 годин, 72 годин, 120 годин (5 діб), 16-18 діб в динаміці та заморожування протягом 1 - 2 години після закладки та 10, 20, 30 діб. Визначали в яловичині (найдовший м'яз спини) вміст води, вміст сухих речовин, вологоутримуючу здатність м'яса, вміст протеїну, жиру, золи, триптофану, оксипроліну та білково-якісний показник (БЯП).

Органолептичні показники оцінювали в динаміці. М'ясо якості N0R протягом 1-16 діб мало наступні ознаки: суха однорідна поверхня, вкрита кірочкою підсихання, однорідного рожевого-червоного кольору, пружна консистенція, м'ясний сік прозорий, сухожилки пружні, щільні, суглоби кінцівок тверді, білі, блискучі, синовія прозора, м'ясний бульйон приємного специфічного аромату, прозорий. Тільки на 18 добу спостерігалось незначне потемніння кольору; менш пружна консистенція, м'ясний сік мутний та при надавлюванні ледве виділяється; жир тьмянний, пом'якшений, сухожилки менш пружні та суглоби кінцівок тверді, тьмяні, синовія мутнувата; м'ясний бульйон неприємного запаху, непрозорий.

Органолептичні показники яловичини PSE, що закладалось на

охолодження через 1-2 години були наступними: поверхня розрізу м'яса значно зволожена, водяниста, ексудативна, спостерігається незначна кірочка підсихання; колір від блідо-рожевого до світло-червоного кольору в залежності від яловичини, отриманої від різних вікових груп тварин; консистенція менш пружна і еластична; жир блискучий, дещо пом'якшений біло-жовтого кольору, при роздавлюванні кришеться; сухожилки та суглоби кінцівок тверді, бліді, менш блискучі, синовія прозора; бульйон менш ароматний, мутнуватий, жирові кульки нерівномірно розподілені на його поверхні.

На 12-48 годину зберігання в охолодженому стані органолептична оцінка яловичини якості PSE була аналогічною. Через 72 годин охолодження яловичини органолептичні показники погіршувались: з'являлась липкість, більш світліший колір, на поверхні незначне нашарування слизу; жир пом'якшений, тьмяний; сухожилки розм'якшені, матові; суглобові поверхні значно вкриті слизом, синовія мутнувата; спостерігається запах несвіжості, кислуватий, бульйон мутний, неприємного запаху.

Органолептичні показники яловичини якості DFD були наступними через 1-2 години після закладання на охолодження: поверхня розрізу суха, від слабо-жорсткої до жорсткої; консистенція крихтоподібна, тверда; колір темно-червоний; жир тьмяний, твердий білувато-жовтого кольору, при роздавлюванні кришиться; сухожилки та суглоби кінцівок тверді, білі, неблискучі, синовія дещо мутнувата; бульйон не ароматний, не прозорий, мутнуватий, жирові кульки неоднакової величини і не рівномірно розподілені на поверхні бульйону.

Протягом 36-72 годин зберігання в охолодженій яловичині якості DFD органолептика була аналогічною, за винятком потемніння кольору. На 120 годину зберігання були відмічені зміни в органолептичній оцінці яловичини: на поверхні туш з'являється липкість, поверхня вкрита слизом, колір м'яса потемнілий; пом'якшені сухожилки, матові; суглобові поверхні вкриті незначно слизом, синовія мутнувата; запах бульйону неприємний, мутнуватий, жирових кульок не видно на поверхні бульйону. Причому, вміст сухих речовин збільшувався в різних якостях м'яса (табл. 3).

Таблиця 3

Хімічний склад яловичини якостей NOR,PSE та DFD
при зберіганні в охолодженому стані

Показники	Терміни зберігання яловичини при t 1°C					
	яловичина якості NOR		яловичина з вадою PSE		яловичина з вадою DFD	
	2 години	18 діб	2 години	18 діб	2 години	18 діб
Волога, %	75,2	74,6	80,6	75,3	61,4	59,3
Суха речовина,%	24,8	25,3	19,3	24,6	38,5	40,6
Протеїн, %	21,7	22,1	16,3	21,6	35,2	37,4
Жир, %	2,1	2,1	1,8	1,8	2,0	2,0
Зола, %	0,98	1,01	1,16	1,15	1,18	1,17
Вологоутримуюча здатність, %	66,2	65,7	53,4	47,3	72,5	71,2
Триптофан, мг%	402,1	398,4	352,1	306,8	364,4	348,2
Оксипролін.м г%	74,1	75,4	79,8	77,2	79,8	78,2

Оскільки, в охолодженому м'ясі різних якостей NOR, PSE, DFD органолептичні показники змінювалися неоднаково: зміна органолептики NOR яловичини відбувалася на 18 добу, в якості м'яса PSE на 3 добу (на 72 годину) та в якості м'яса DFD на 5 добу (на 120 годину), тому було досліджено хімічний склад яловичини на початку охолодження (1-2 година після закладки) та при появі змін в органолептиці.

Вміст води з яловичині якості NOR на 18 добу зберігання знижувався на 0,7 %, в яловичині з вадю PSE на 3 добу зберігання - знижувався на 6,5 %, а в яловичині з вадю DFD на 5 добу зберігання знижувався - на 3,5 % порівняно до показників м'яса на 2 годину після закладки

Вологоутримуюча здатність м'яса найбільше знижувалася у м'ясі з вадю PSE - на 11,4% , в м'ясі ж з вадю DFD - на 1,83%. БЯП в м'ясі з вадю PSE знизився на період зберігання на 0,45 одиниць, а в м'ясі з вадю DFD на 0,15 одиниць порівняно до показників м'яса на 1-2 годину після закладки.

Оскільки, в замороженому м'ясі органолептичні показники NOR, PSE, DFD змінювалися неоднаково, а саме незначна зміна органолептики NOR відбувалася на 30 добу (консистенція менш щільна, світло-червоного кольору, поверхня розрізу сильно волога, запах специфічний, без характерного запаху дозрілого мяса, бульйон ароматний), в м'ясі з вадю PSE на 10 добу (воно стало більш бліде, ексудативне, бульйон при пробі варки мутний, непрозорий, запах менш виражений) та в м'ясі з вадю DFD на 20 добу (потемніле, липке, помутніння бульйону, запах менш виражений), ми дослідили хімічний

склад яловичини перед закладкою на заморожування та при появі змін в органолептиці.

Вміст вологи знижувався на 30 добу зберігання в яловичині якості NOR на 2,2% порівняно до показнику в м'ясі на 1-2 годину після закладки, в м'ясі з вадю PSE на 10-ту добу зберігання в замороженому стані на 3,2%, в м'ясі ж з вадю DFD на 20 добу зберігання – на 2,3% порівняно до показників м'яса на 2 годину після закладки. Відповідно при цьому збільшувався вміст сухих речовин в м'ясі.

Вміст білку з яловичині при зберіганні збільшувався відповідно в яловичині NOR на 6,9%, в яловичині з вадю PSE на 15,5%, в яловичині з вадю DFD - на 4,2%. Вміст жиру знизився незначно.

Вологоутримуюча здатність найбільше знижувалася в м'ясі PSE - на 6,7%, в м'ясі ж з вадю DFD на 2,05%. БЯП знижувався в яловичині з вадю PSE - на 0,45 одиниць, в м'ясі ж з вадю DFD - на 0,85 одиниць порівняно до показників м'яса на 1-2 годину після закладки. Найкращі показники яловичини спостерігалися в NOR при закладці та зберіганні. А яловичина PSE, DFD мали значні зміни в хімічному складі та нестабільності кольору, що представляє важливу проблему для м'ясопереробної промисловості. Оптимальні режими зберігання яловичини з вадами PSE та DFD, які становлять для яловичини з вадю PSE - при зберіганні в охолодженому стані при температурі -1 °C протягом 3 діб (72-х годин) та при заморожуванні при температурі -12 °C протягом 10 діб; для яловичини з вадю DFD - при зберіганні в охолодженому стані.

Усе це дає змогу ліквідувати або звести до мінімуму наслідки

посмертного задубіння.

Під час автолізу також змінюються білки сполучної тканини. Так, розварюваність колагену в парному м'ясі максимальна, а на стадії задубіння різко зменшується. Під час визрівання м'яса ступінь термічної дезагрегації колагену поступово підвищується.

Специфічні властивості м'яса під час автолізу з вадами DFD і PSE. Нині питання цілеспрямованого використання сировини з урахуванням характеру автолізу набуло особливого значення, оскільки істотно зросла кількість тварин, які потрапляють на переробку після відгодівлі на промислових комплексах. У цих тварин після забою в м'язовій тканині виявляються значні відхилення від звичайного розвитку автолітичних процесів. У зв'язку з цим розрізняють м'ясо з високим кінцевим значенням рН (DFD) і ексудативне м'ясо (PSE) з низьким значенням рН.

М'ясо з ознаками DFD (темне, тверде, сухе) через 24 год після забою має рівень рН понад 6,3, темне забарвлення, грубу структуру волокон, високу водозв'язувальну здатність, підвищену липкість. Воно характерне для молодняку великої рогатої худоби, який зазнає впливу різних видів тривалого стресу до забою внаслідок життєвого розпаду глікогену.

Кількість утвореної після забою молочної кислоти в м'ясі таких тварин невелика, міофібрилярні білки в м'ясі DFD добре розчиняються.

Високе значення рН обмежує тривалість його зберігання, тому м'ясо DFD є непридатним для виробництва сирокочених виробів.

Проте завдяки високій водозв'язувальній здатності його

доцільно використовувати для виробництва емульгованих (варених) ковбас, солених виробів, швидкозаморожених напівфабрикатів.

Ексудативне м'ясо PSE (бліде, м'яке, водянисте) характеризується світлим забарвленням, м'якою пухкою консистенцією, виділенням м'ясного соку внаслідок зниження водозв'язувальної здатності, кислим смаком.

Ознаки PSE найбільше має свинина, яку отримують після забою тварин з інтенсивною відгодівлею і обмеженим рухом при утриманні.

Поява ознак PSE може зумовлюватися генетичними наслідками, впливом короточасних стресів, надмірною збудженістю тварин.

Найчастіше м'ясо з ознаками PSE отримують у літній період часу. Насамперед ексудативності підлягають найцінніші частини туші: довгастий м'яз і окости. Після забою таких тварин у м'язовій тканині відбувається інтенсивний розпад глікогену, помертне задубіння настає швидше.

Упродовж 60 хв значення рН м'яса знижується до 5,2-5,5, проте оскільки у цей період температура сировини зберігається на високому рівні, відбувається конформація саркоплазматичних білків і їх взаємодія з білками міофібрил. У результаті цього змінюються стан і властивості м'язових білків, різко знижується водо-зв'язувальна здатність сировини.

М'ясо з ознаками PSE через низькі значення рН (5,0-5,5) і водозв'язувальної здатності є непридатним для виробництва емульгованих (варених) ковбас, варених і сирокочених окостів, що призводить до погіршення органолептичних характеристик готових виробів (світле забарвлення, кислуватий присмак, жорстка

консистенція, знижена соковитість), зниження їх виходу при термообробці.

Однак у поєднанні з м'ясом нормальної якості або із соєвим ізолятом воно стає придатним для виготовлення емульгованих і сиркопчених ковбас, січених і панірованих напівфабрикатів та інших видів м'ясних виробів.

Контроль за якістю сировини, яку отримують при первинній переробці худоби, здійснюють визначенням рН м'яса через 1-2 год після забою.

При цьому в деяких країнах додаткове сортування сировини на категорії проводять саме з урахуванням рівня рН: першої — 5,0-5,5; другої — 5,6-6,2; третьої — 6,3 і вище.

Щоб запобігти появі м'яса з ознаками PSE, рекомендується використовувати парне м'ясо (з мінімальним витримуванням сировини після забою) після його розбирання, обвалування і соління. Введення хлориду натрію в парне м'ясо пригнічує розвиток глікогенолізу і цим унеможлиблює утворення ескудативності.

Тема 3. Автолітичні перетворення м'язової тканини

Після забою тварини, через припинення потрапляння кисню, відсутність кислотних перетворень і кровообігу, гальмування синтезу і виробництва енергії, накопичення в тканинах кінцевих продуктів обміну і порушення осмотичного тиску в клітинах у м'ясі відбувається саморозпад зажиттєвих систем і самовільний розвиток ферментних процесів, які зберігають свою каталітичну активність

тривалий час.

У результаті їх розвитку тканинні компоненти розпадаються, змінюються якісні характеристики м'яса (механічна міцність, рівень водозв'язувальної здатності, смак, колір, аромат) і його стійкість до мікробіологічних процесів.

Властивості м'яса змінюються у певній послідовності відповідно до основних етапів автолізу (парне м'ясо — посмертне задубіння (*Rigor mortis*) — послаблення посмертного задубіння і визрівання — глибокий автоліз). Упродовж першої доби після забою розвиток автолізу призводить до різкого зниження водозв'язувальної здатності, зростання механічної міцності, зниження рН від 6,5-7,0 до 5,5-5,6, погіршення смаку і запаху.

На стадіях визрівання м'ясо частково відновлює свої властивості, хоча і не досягає рівня парного. Після двох або більше діб зберігання у м'ясі істотно поліпшуються всі ці характеристики, причому збільшення температури середовища прискорює процес визрівання. Основою автолітичних перетворень м'яса є зміни вуглеводної системи, системи ресинтезу АТФ, стану міофібрилярних білків, що входять у систему скорочення.

Оскільки кисень не потрапляє в організм тварин після забою, ресинтез глікогену в м'ясі відбуватися не може, тому починається його анаеробний розпад, який здійснюється у результаті фосфоролізу і амілолізу з утворенням молочної кислоти і глюкози. Швидкість гліколізу можна регулювати: введення хлориду натрію в парне м'ясо пригнічує процес, використання електрики-мулювання прискорює. Інтенсивний життєвий розпад глікогену може спричинити стресові

ситуації у тварин. Через 24 год гліколіз припиняється внаслідок вичерпання запасів АТФ і накопичення молочної кислоти, яка приглушує фосфороліз.

Ферментативний розпад глікогену є пусковим механізмом для розвитку наступних фізико-хімічних і біохімічних процесів. Накопичення молочної кислоти призводить до зміщення рН у кислий бік від 7,2-7,4 до 5,4-5,8 у результаті:

- збільшується стійкість м'яса до дії гнильних мікроорганізмів;
- знижується розчинність м'язових білків (ізоточка рН 4,7-5,4), рівень їх гідратації, водозв'язувальна здатність;
- набухає колаген сполучної тканини;
- підвищується активність катепсинів (оптимум діяльності рН 5,3), що спричинює гідроліз білків на пізніших стадіях автолізу;
- руйнується бікарбонатна система м'язової тканини з виділенням вуглекислого газу;
- створюються умови для інтенсифікації реакцій кольороутворення внаслідок переходу в міоглобіні двохвалентного заліза в тривалентне;
- змінюється смак м'яса;
- активізується окиснення ліпідів.

На першій стадії автолізу важливе значення має рівень вмісту в м'ясі енергоємної АТФ, внаслідок дефосфорилювання (розпаду) якої здійснюється фосфороліз глікогену. Одночасно енергія дефосфорилювання забезпечує скорочення міофібрилярних білків.

Внаслідок зменшення запасів АТФ у м'ясі не вистачає енергії для відновлення стану релаксації волокон, що скоротилися.

Накопичення молочної (і фосфорної) кислоти, як зазначалося, істотно впливає на стан м'язових білків, що, в свою чергу, визначає технологічні властивості м'яса, консистенцію, водо-зв'язувальну здатність, емульгуючі й адгезійні показники (рис. 7).

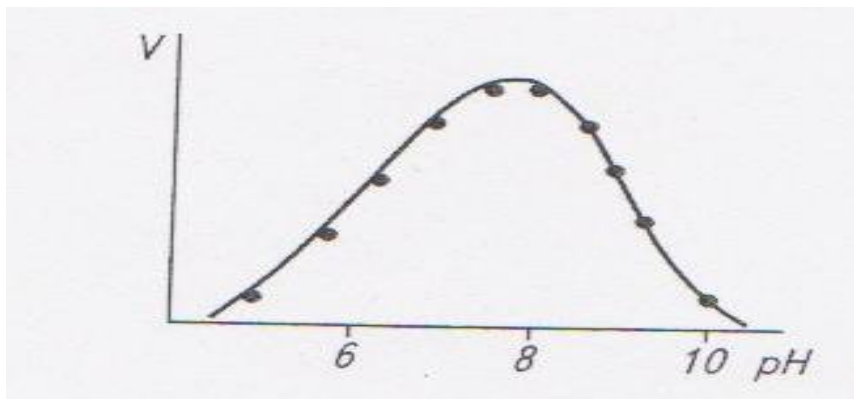


Рис. 7. Типова форма кривої залежності швидкості ферментативної реакції від рН середовища.

Сутність цих змін пов'язана переважно з утворенням актоміозинового комплексу і залежить від наявності в системі енергії і йонів кальцію (Ca^{++}). Безпосередньо після забою кількість АТФ у м'ясі велика, Ca^{++} зв'язаний з саркоплазматичною сіткою м'язового волокна, актин перебуває в глобулярній формі і не зв'язаний з міозином, що зумовлює послабленість волокон, велику кількість гідрофільних центрів і високу водозв'язувальну здатність актину і міозину. Зміщення рН м'яса в кислий бік запускає механізм перетворення міофібрилярних білків:

- змінюється проникність мембран міофібрил;
- іони кальцію виділяються з каналу саркоплазматичного

ретикулума, концентрація їх у саркоплазмі зростає;

- іони кальцію підвищують АТФ-активність міозину;
- глобулярний Г-актин переходить у фібрилярний (Ф-актин);

Результатом скорочення є зростання твердості м'яса, зменшення еластичності й рівня водозв'язувальної здатності. Зміщення рН у кислий бік і руйнування лізосомальних мембран сприяє збільшенню загальної активності тканинних ферментів — катепсинів. При цьому виникають умови для протеолітичного гідролізу м'язових білків на стадії визрівання м'яса. Крім цього, за наявності Ca^{++} м'язова протеаза зумовлює дезінтеграцію структур міофібрил у ділянці Z-ліній. Під впливом тканинних ферментів та утворених під час розпаду АТФ легко гідролізованих фосфатів поступово відбувається дисоціація актоміозинового комплексу.

Слід зазначити, що характер розвитку автолізу в білих і червоних м'язових волокнах м'яса дещо відрізняється. Червоні волокна характеризуються повільним скороченням і значною тривалістю процесу на відміну від білих. У процесі тривалого визрівання м'яса істотно поліпшуються органолептичні й технологічні характеристики.

На ранніх стадіях автолізу м'ясо не має вираженого смаку і запаху. Залежно від температури зберігання смак і аромат м'яса з'являється лише на 3-4 добу, завдяки накопиченню продуктів ферментативного розпаду білків і пептидів (глутамінова кислота, треонін, сірковмісні амінокислоти), нуклеотидів (інозин, гіпоксантин та ін.), вуглеводів (глюкоза, фруктоза, піровиноградна і молочна кислота), ліпідів (низькомолекулярні жирні кислоти), а також

креатину, креатиніну та інших азотистих екстрактивних речовин.

Термін визрівання м'яса залежить від виду тварин, частини туші, вгодованості й температурного режиму зберігання.

Як правило, в м'ясі з нормальним розвитком автолізу його ніжність і водозв'язувальна здатність досягають оптимуму через 5-7 діб зберігання за температури 0-2 °С, органолептичні показники на 10-14 добу. В зв'язку з цим тривалість витримування вибирають залежно від способу подальшого технологічного використання сировини. Сировина на 13-15 добу визрівання придатна для виготовлення практично будь-яких видів ковбас, напівфабрикатів і солених виробів (рис. 8).

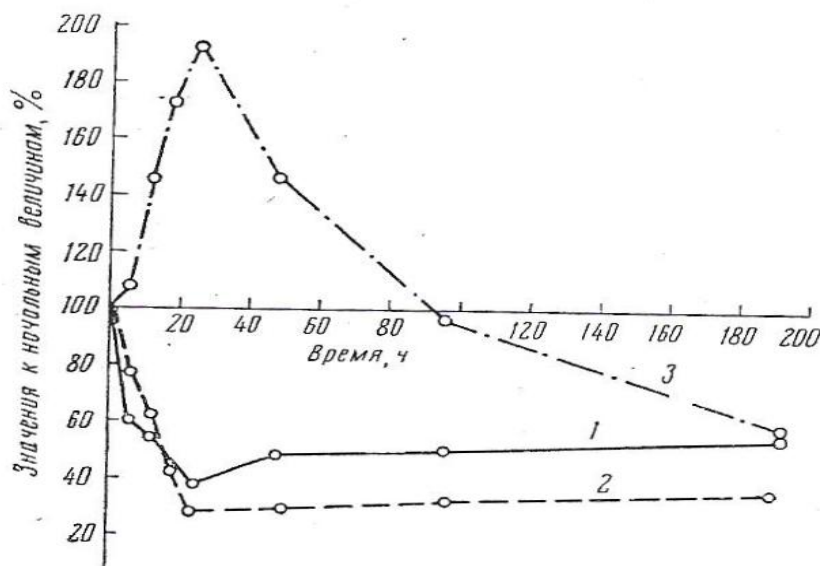


Рис. 8. Автолітичні зміни в м'ясі: 1- водозв'язуюча здатність;
2- розчинність актоміозину; 3- опір зрізу

Найкращий вид сировини для натуральних напівфабрикатів м'ясо з періодом витримування 7-10 діб визрівання. Парне м'ясо рекомендується використовувати для виробництва емульгованих

(варених) ковбас і солених виробів зі свинини. Білки парного м'яса мають найбільшу водозв'язувальну і емульгуючу здатність, розварюваність колагену максимальна. Ці обставини забезпечують високий вихід готової продукції і знижують вірогідність утворення дефектів за теплового оброблення. В перші години після забою м'ясо бактерицидне і вміщує незначну кількість мікроорганізмів.

З економічного погляду використання парного м'яса також має істотні переваги завдяки зниженню витрат холодильних ємкостей і енергетичних витрат. Проте робота з парним м'ясом потребує як високої оперативності технологічного процесу (інтервал від моменту забою до стадії термооброблення готових виробів не повинен перевищувати 3 год), так і використання спеціальних способів, спрямованих на затримання ходу гліколізу і процесу взаємодії актину з міозином.

Такими способами є:

- швидке заморожування обваленого парного м'яса (без або після попереднього подрібнення) введенням твердої вуглекислоти;
- обвалювання парного м'яса, швидке подрібнення і соління з введенням 2-4 % хлориду натрію;
- введення розсолів через кровоносну систему одночасно із знекровленням під час забою тварин;
- ін'єктування розсолів у відруб безпосередньо після розбирання парних туш;
- використання сублімаційного сушіння парного м'яса.

Властивості м'яса змінюються під дією фізичних, хімічних,

механічних та біологічних факторів. З цією метою використовують, наприклад, вплив на м'ясо імпульсів електричного струму.

Принцип електростимуляції ґрунтується на зменшенні в м'язах запасів речовин, що є носіями енергії (АТФ, креатинфосфатів), штучним скороченням м'язів, спричиненим впливом електричних імпульсів. При цьому в 2-2,5 рази збільшується швидкість гліколізу, прискорюється початок настання процесу задубіння, інтенсифікується розпад м'язових волокон.

Механізм впливу електричного струму на м'язову тканину після забою полягає в тому, що під впливом електричного імпульсу, який передається по аксонам нервових клітин, або прямим подразненням мембран, м'язового волокна, іони Ca^{++} виходять із саркоплазматичного ретикулума, стимулюють АТФ-активність міозину, що зумовлює розщеплення АТФ до АДФ і далі, створюючи енергію для скорочення білків.

Відновлення АТФ відбувається за рахунок енергії розпаду глікогену до молочної кислоти, накопичення якої зміщує рН м'язової тканини в кислий бік, прискорюючи посмертне задубіння м'язів. Завдяки швидкому зниженню рН при електростимуляції (рН досягає рівня 5,9-6,0 через 1-2 год після забою) протеолітичні ферменти активізуються швидше за вищих температур туші, ніж за звичайних умов.

Активне скорочення м'язів під дією електричних імпульсів спричинює розрив міжланцюгових зв'язків колагену, фізичну деструкцію м'язових волокон, що дає змогу значно підвищити ніжність м'яса. Контролюють завершення процесу електростимуляції

за зміною (зниження до мінімуму) значення рН (рис. 9).

Найкращий ефект отримують при застосуванні електростимуляції безпосередньо після забою (не пізніше ніж через 1,5 год після забою), коли нервова система тварин ще може сприймати електричні імпульси і зумовлювати скорочення м'язів.

Використання електростимуляції дає можливість скоротити тривалість визрівання яловичини за температури 0-2 °С до 5-7 діб.

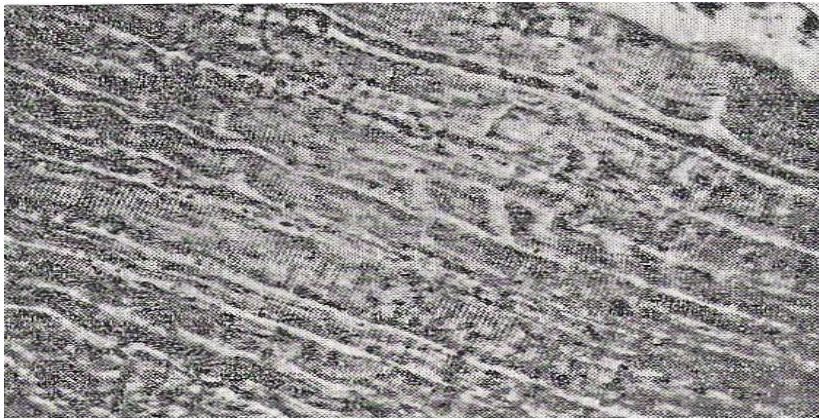


Рис. 9. Мікрофотографія препаратів м'язової тканини зразу після забою тварин(дрібна рогата худоба, збільшення в 350 разів)

Заклякання є однією з перших змін м'яса після забою тварин і птиці. Воно настає через декілька хвилин (15–30) або годин (5–7), залежно від умов, в яких знаходилась тварина перед забоєм (у першу чергу, температури). Швидкість та інтенсивність заклякання залежить від вмісту у свіжому м'ясі глікогену і молочної кислоти. У разі заклякання м'язи стають коротшими, твердішими, зникає їх еластичність. Біохімічний механізм заклякання складається з декількох етапів.

Після забою тварин у м'язи та інші тканини припиняється

надходження поживних речовин, сповільнюється та припиняється виділення продуктів метаболізму. Заклякання більш виражено у поперечносмугастих м'язах, багатих саркоплазмою. Туша починає тверднути, суглоби стають нерухомими. Заклякання починається з жувальної мускулатури і поширюється до мускулатури шиї, потім передніх та задніх кінцівок. У м'язах припиняється синтез АТФ та посилюється її розщеплення.

З часом АТФ зникає, що спричиняє втрату м'язами еластичності. Поступове зникнення АТФ та креатинфосфату із м'яса призводять до збільшення концентрації ортофосфорної кислоти від 0,04 до 0,1 % й більше. З припиненням клітинного дихання внаслідок розпаду глікогену у м'ясі швидко збільшується концентрація вугільної та молочної кислот, змінюється концентрація водневих іонів. У живих м'язах рН становить 7,3-7,5, зразу після забою наближається до нейтральної (рН 7), а потім стає слабокислою (рН 5,3–5,4).

Через дві-три доби рН поступово підвищується. Зміна реакції середовища м'яса після забою тварин призводить до коагуляції білків саркоплазми. Більшість білків (60-70%) переходять у нерозчинну форму, збільшується кількість амінно-аміачного азоту в результаті протеолізу і дезамінування амінокислот.

У перші 20-50 хв. після забою спостерігається підвищення температури м'яса на 0,5-2,0°C через порушення клітинного дихання та окисного фосфорилювання. Припиняється синтез АТФ, а хімічна енергія, що утворилась за клітинного дихання, перетворюється на теплову, що підвищує температуру м'язів (рис. 9).



Рис. 9. Мікрофотографія препаратів м'язової тканини через 6 год. після забою (дрібна рогата худоба, збільшення в 350 разів)

Після заляккання (1–2 доби) починається друга стадія біохімічних змін – дозрівання м'яса. У м'ясі за дії катепсинів проходить протеоліз з утворенням альбумоз, пептонів, поліпептидів, олігопептидів та амінокислот. Аміак, що утворюється за дезамінування амінокислот, нейтралізує кислоти, які були у м'язах прижиттєво та утворилися під час заляккання. Збільшується кількість HS -сполук, досягаючи максимальної кількості наприкінці 3 доби (у разі зберігання м'яса за температури $+4^{\circ}\text{C}$). У м'ясі поступово нейтралізується вуглекислота, падає її тиск, що є однією із причин послаблення заляккання м'язів. Руйнується актоміозин – головний білок міофібрил, що сприяє поступовому пом'якшенню м'язової тканини і припиненню заляккання. М'язи розслаблюються, до них повертається первинна пружність (рис. 10).

Змінюється хімічний склад і фізико-хімічні властивості м'яса. За дії ферментів м'язової тканини, які функціонують у ній після смерті тварин, відбуваються численні біохімічні реакції, що надають м'ясу

приємний смак, аромат, соковитість, ніжність.



Рис. 10. Мікрофотографія препаратів м'язової тканини через 24 год. після забою (дрібна рогата худоба, збільшення в 350 разів)

Легкість засвоювання організмом людини чи тварин. Під час дозрівання м'яса реакціями анаеробного гліколізу та глікогенолізу розщеплюються глюкоза і глікоген до молочної або піровиноградної кислот (рис. 11).



Рис. 11. Мікрофотографія препаратів м'язової тканини через 10 діб після забою (дрібна рогата худоба, збільшення в 350 разів).

Тема 4. Біохімічні процеси під час зберігання м'яса

М'ясо належить до харчових продуктів, які швидко псуються, втрачають поживність і згодом стають непридатними для вживання в їжу та навіть для згодовування тваринам, а у ряді випадків і отруйними для вживання.

Причиною псування м'яса є потрапляння й інтенсивне розмноження в його товщі мікроорганізмів, що спричиняють гниття. Змінюється зовнішній вигляд м'яса: воно стає липким (ослизнюється), зеленувато-сірим, із пухкою консистенцією і неприємним запахом. У такому м'ясі накопичуються продукти гниття – аміни, зокрема, трупні отрути (кадаверин і путресцин), меркаптани, сірководень, феноли (фенол, крезол), продукти розпаду білків (індол, скатол) та інші токсичні речовини. Частина цих сполук (аміни, сірководень, індол, скатол) спричиняють неприємний запах. Для запобігання псування м'яса і м'ясопродуктів проводять ряд технологічних прийомів, направлених на збереження в ньому поживних і органолептичних якостей.

4.1. Біохімічні зміни при охолодженні та заморожуванні м'яса

З усіх методів консервування м'яса і м'ясопродуктів найбільш ефективною є обробка їх холодом. Холодильна обробка включає процеси охолодження, підморожування, заморожування і розморожування. Така обробка забезпечує збереження у харчових

продуктах основних поживних речовин м'яса. При цьому харчові якості м'яса зберігаються протягом тривалого часу, особливо у поєднанні з іншими методами консервування. Нерідко холодильна обробка сприяє появі у м'ясі нових якостей, які позитивно відбиваються на його характеристиці як харчового продукту.

За охолодження у м'ясі відбувається ряд фізико-хімічних, біохімічних і морфологічних змін. М'ясо – складна дисперсна система біологічного походження. Дисперсійним середовищем у ньому є вода, дисперсними фазами – різноманітні органічні та мінеральні сполуки. Під час дозрівання з м'яса виділяється м'ясний сік, що містить білки та екстрактивні речовини. Після досягнення м'ясом криоскопічної точки (для м'ясного соку вона становить 0,6-1,2°C) відбувається виморожування води, яка поступово виходить з м'язових волокон у сполучнотканинну строму. Заморожування може бути поступове і швидке. За поступового заморожування вода дифундує повільно та утворює кристалики льоду невеликого розміру, які не завдають шкоди морфологічній структурі м'яса. За швидкого заморожування утворюються крупні кристали льоду, що порушують природну будову м'язових волокон і строму.

Гіпертонічний розчин м'ясного соку викликає денатурацію білків і розпад білкових комплексних сполук на складові частини. Найбільш нестійкими є ліпопротеїди, у молекулах яких зв'язок між білковою й ліпідною частинами недостатньо міцний. Пізніше відбувається агрегація білків м'язового волокна, зменшується їх гідрофільність і розчинність у воді. Це знаходить відображення на ряді фізичних показників м'яса, перш за все, змінюється консистенція

– воно стає твердішим, ніж свіже парне. Маса м'яса за заморожування зменшується, з його товщі вода виділяється на поверхню. Кількість виділеної з м'яса води залежить від поверхні м'яса, тривалості заморожування, вологості оточуючого середовища і самого методу заморожування.

Швидке охолодження м'яса викликає холодове скорочення м'язових волокон, особливо парного м'яса, що негативно відбивається на якості м'яса – воно стає жорстким, оскільки з нього витиснута іммобілізована й гідратаційна вода. М'ясо набуває коричневого забарвлення, внаслідок переходу оксиміоглобіну в міоглобін. Охолодження негативно впливає на розвиток мікрофлори у м'ясі, гальмується ріст та розвиток багатьох типів і видів мікроорганізмів, що дозволяє зберегти м'ясо стерильним.

Під час заморожування й зберігання м'яса в замороженому стані відбуваються зміни макро- та мікроструктури його тканин, фізико-хімічних характеристик і хімічного складу. За охолодження певною мірою зникає поперечна смугастість м'язових волокон, у них з'являються гранули, набрякають колагенові волокна і дещо розпушується сполучнотканинна строма. На якість м'яса при заморожуванні та зберігання впливають вид і стан сировини (маса, вміст жиру), параметри технологічного процесу (швидкість, температура, вологість повітря), ступінь розвитку автолізу до заморожування, кількість АТФ, глікогену, значення рН, початкове мікробіологічне забруднення тощо.

У разі заморожування білки м'яса втрачають гідрофільність, руйнуються вищі рівні їх структурної організації (четвертинна,

третинна і вторинна), зникають сольватні оболонки, проходить агрегація молекул (причина появи гранул у м'язових волокнах), інактивуються окремі ферменти та функціональні білкові групи.

Глибина таких змін залежить від низки факторів і, перш за все, від стадії, в якій знаходилось м'ясо після забою тварин, швидкості заморожування тощо.

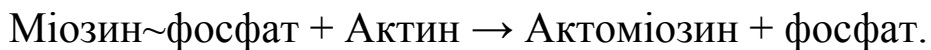
М'ясо у стані посмертного залякання для заморожування непридатне. Після розморожування воно має погані смакові якості, тверду консистенцію, низьку засвоюваність. Рекомендується заморожувати м'ясо у стадії дозрівання, коли інтенсивно протікають хімічні реакції, що підвищують його якісні показники, роблять м'ясо смачним, ароматним, легкоперетравним у шлунково-кишковому тракті людини і тварин. М'ясо, заморожене до моменту посмертного залякання, за смаковими якостями мало відрізняється від м'яса, що заморожувалося у парному стані. При цьому воно більш сухе, після розморожування та за подальшої обробки втрачає багато м'ясного соку.

На якісних показниках м'яса негативно відбивається швидке його охолодження. При цьому виникає холодове скорочення м'язових волокон. За температури нижче $+15^{\circ}\text{C}$ у м'язовому волокні перестає функціонувати кальцієвий насос, відповідно з концентраційним градієнтом іони Кальцію з цистерн саркоплазматичного ретикулуму виходять у саркоплазму. Сюди надходять й інші іони, особливо Калію. Активується АТФ-азна активність міозину, розщеплюється комплекс міозин–АТФ:

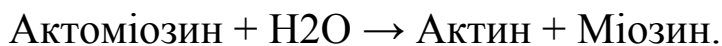


Міозин фосфорилується, що призводить до виникнення макроергічного зв'язку:

$\text{АТФ} + \text{Міозин} \rightarrow \text{АДФ} + \text{Міозин}\sim\text{фосфат}$. Фосфорильований міозин з'єднується з актином, що зумовлює утворення актоміозину, головного скорочувального білка м'язового волокна:



Енергія макроергічного зв'язку використовується для скорочення м'язового волокна, а актоміозин розпадається на складові компоненти:



Для запобігання холодового скорочення перед охолодженням різними способами (наприклад, електростимуляцією) зменшуються запаси у м'язах АТФ або проводять двофазове охолодження туші.

За поступової холодової обробки м'яса температура в його товщі становить від 2 до 4 °С, що сприяє окремим ферментам завершити процес дозрівання м'яса через 8–15 діб зберігання. За більш тривалого зберігання відбувається гідролітичний розпад білків м'яса, розм'якшення й набрякання колагенових волокон.

За тривалого зберігання м'яса активуються клітинні ліпази, за дії яких гідролізуються нейтральні жири: три стеарин, гліцерин, стеаринова кислота. Жирні кислоти, особливо ненасичені, окислюються, що призводить до утворення сполук, які негативно впливають на якісну характеристику м'яса. Так, за окиснення ненасичених жирних кислот утворюються оксикислоти, багато з яких мають неприємний смак і запах: олеїнова кислота і стеаринова

кислота. У разі омилення низькомолекулярних жирів утворюються леткі жирні кислоти (масляна, капронова, каприлова, капринова тощо), що також спричиняють неприємний запах м'яса.

4.2. Біохімічні зміни при розморожуванні м'яса

Розморожування м'яса – це важливий етап в його подальшому використанні як продукту харчування. Хід біохімічних реакцій визначається станом, в якому воно заморожувалось, строками зберігання в замороженому вигляді і часом, який витрачено на розморожування. За розморожування м'яса активізуються процеси, що були в ньому до заморожування, проте їх швидкість поступово гальмується, спостерігається велика втрата маси за рахунок м'ясного соку. М'ясо стає в'ялим, жорстким, зі слабовираженим характерним для цього виду смаком і запахом. М'ясо, заморожене у парному стані, за розморожування виділяє менше м'ясного соку, дає меншу “усушку”, довше зберігається, має гідрофільні білки, містить більше екстрактивних речовин, мінеральних сполук і вітамінів. На морфологію і хімічний склад м'яса шкідливо впливає повторне заморожування. У такому м'ясі за розморожування більше порушується структура всіх тканин, особливо м'язової. Воно містить велику кількість м'ясного соку, має менший вміст білків, відсутні глікоген і глюкоза, незначний вміст молочної кислоти та екстрактивних речовин. Білки втрачають ліофільність, мають зруйновану просторову структуру молекул. У такому м'ясі відсутні глікоген і глюкоза, незначний вміст молочної кислоти.

Тема 5. Біохімічні процеси під час операцій підготовчого циклу

Соління – обробка м'яса і м'ясопродуктів сіллю (хлоридом натрію), часто у поєднанні зі спеціями, сахарозою, нітратами, фосфатами та витримка їх впродовж певного часу, достатнього для консервування й одержання заданих властивостей. У м'ясній промисловості засол використовується як один із найбільш поширених методів консервування м'яса, м'ясопродуктів і сировини (шкір, кишок тощо) у поєднанні з іншими способами консервування. Існує декілька видів засолів: сухий, мокрий та змішаний.

За сухого засолу м'ясо і м'ясопродукти обробляються засолювальною сухою сумішшю, за мокрого – розсолом (розчином хлориду натрію або консервуючої суміші), за змішаного – консервують одночасно сухим і мокрим способами. За засолу компоненти консервуючої суміші, хімічною основою яких є, як правило, хлорид натрію, проникають у товщу м'яса, м'ясопродуктів та іншої сировини тваринного походження. Проникнення консервуючих речовин відбувається згідно із законами дифузії (Фіка й Грема) та осмосу (Вант-Гоффа).

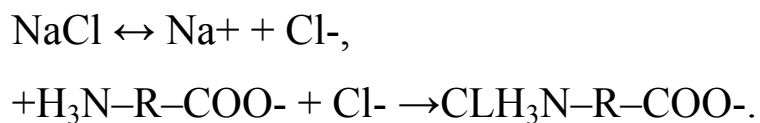
Консервуючі розчини (ними стають компоненти сухої засолювальної суміші, що розчинилася у м'ясному соці) проникають через канали біомембран клітин у товщу волокон сполучної стромы. Висолюються білки, після чого м'ясо стає стійким до дії бактеріальних ферментів, що можуть у нього потрапити. Швидкість проникнення у м'ясо консервантів залежить від концентрації солей і

навколишньої температури. Чим більша різниця у концентрації солей у розсолі та тканинах м'яса, тим більша швидкість процесу консервування. Слід відзначити, що у м'язову тканину хлорид натрію проникає набагато швидше, ніж у мікроструктури сполучної тканини.

Засол спричинює ряд істотних змін у фізико-хімічних властивостях м'яса в цілому і його тканинах зокрема. Під час засолу консистенція м'яса стає більш твердою, змінюється колір, особливо після додавання з консервуючою сумішшю селітри, з'являється новий смак, частково змінюється запах.

За засолу збільшується гідратація та вихід білкових речовин у м'ясний сік. Білки сполучної тканини м'яса (еластин і колаген) у розсіл не переходять. За дії тканинних ферментів, що виділяють мікроорганізми, проходить гідролітичний розпад білків.

У засоленому м'ясі концентрація водневих іонів зрушується у кислий бік за рахунок підвищення вологозв'язувальної здатності білків. Причиною є взаємодія іонів хлору з амінними білковими функціональними групами:



Повна фіксація іонів хлору у добре подрібненому м'ясі за звичайного засолу настає через 10–12 годин за температури 4°C. За довготривалого засолу спостерігається набрякання колагенових волокон, чому сприяє проникнення в них молекул води. Воно досягає свого максимуму на 20 добу консервування.

За мокрого засолу у розсіл виходить близько половини азотистих і безазотистих екстрактивних речовин м'яса. З

екстрактивних мінеральних речовин у розсіл дифундує найбільше Калію і фосфатів. Кількість вітаміну B_1 (тіаміну) у складі м'яса зменшується на 15-20 %, B_3 – на 35 %, втрати вітаміну B_2 незначні.

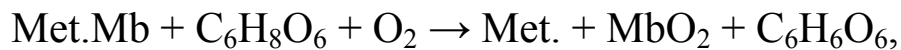
За зберігання м'яса і м'ясопродуктів, консервованих хлоридом натрію, відбуваються глибокі зміни у ліпідному складі продуктів. Перш за все, це стосується нейтральних жирів, що містяться у поверхневих шарах м'яса. Ненасичені тригліцероли (триолеїн, діолеостеарин тощо) й ненасичені високомолекулярні жирні кислоти, що утворились під час гідролізу жирів та завжди є у певних кількостях у них, взаємодіють з киснем повітря, утворюючи різноманітні продукти окиснення, зокрема оксижири, оксикислоти, пероксиди й інші сполуки, наявність яких у м'ясі негативно впливає на харчову цінність та органолептичні властивості продукту. Тканинна ліпаза, що розщеплює нейтральні жири м'яса, активується іонами Натрію із розсолу.

За соління м'ясо втрачає природне забарвлення й набуває коричнево-бурого кольору різних відтінків. Основними чинниками, що впливають на розвиток забарвлення, є вміст міоглобіну, наявність кисню, світла, температура середовища, тривалість витримки в розсолі, рН середовища, кількісний вміст кухонної солі та нітриту натрію, наявність денітрифікуючої мікрофлори, швидкість та кількість утворення оксиду нітрогену, міцність зв'язку між NO та Mb.

З метою запобігання виникненню небажаних змін забарвлення м'яса та м'ясопродуктів до розсолу додають нітрати ($NaNO_3$, KNO_3) та нітрити ($NaNO_2$). У результаті утворюється нітрозоміоглобін (NO-Mb), який надає солоним м'ясним продуктам рожево-червоного

забарвлення. Для створення відновних умов з метою кращого забарвлення м'яса, повнішого використання NO застосовують цукри (0,3–0,5 %). Для поліпшення забарвлення готових солоних продуктів застосовують антиокиснювачі, зокрема аскорбінову кислоту (вітамін С) та її натрієву сіль, що є сильним відновником.

Аскорбінова кислота вступає в реакцію з азотистою кислотою з утворенням оксиду нітрогену (II):



Смак та аромат м'яса під час соління зумовлюють амінокислоти, що утворюються за дії протеолітичних ферментів (катепсинів), та екстрактивні речовини (пурин, креатин), що звільняються під час автолізу. За соління шинки утворюється ацетоїн (під час ферментації цукрів) та діацетил (за окиснення ацетоїну).

Тема 6. Біохімічні процеси під час термообробки

Теплова обробка (60–180°C) є одним із надійних методів консервування м'яса і м'ясопродуктів. При цьому м'ясо стає більш стійким до мікробного ураження, з'являються нові корисні смакові якості, консистенція стає твердішою, а поживні речовини краще засвоюються організмом.

Відповідно до поставленої мети для виробництва м'ясопродуктів використовують різні способи теплової обробки. Поверхнева теплова обробка включає ошпарювання, обпалювання та обсмажування. Нагрівання з метою досягнення певного ступеня

готовності – це бланшування, варіння, запікання, смаження. З метою запобігання мікробіального псування продукту (консервація) застосовують пастеризацію та стерилізацію. Для виділення із сировини окремих складових частин проводять витоплювання жиру, виварювання желатину та клею тощо.

Після теплової обробки змінюються фізико-хімічні властивості білків. Нагрівання призводить до втрати білками четвертинної, третинної і вторинної структур. Білки денатурують, втрачають гідрофільність, зникають сольватні оболонки, різко знижується розчинність їх у воді. Денатурація білків м'яса починається вже за температури 30–35°C. З усіх білків м'яса найбільше чутливим до підвищення температури є міозин – його молекули денатурують за температури 45°C (табл. 4).

Таблиця 4

Температура денатурації основних білків м'яса

Білок	Денатурація, °C	Білок	Денатурація, °C
Міозин	45–55	Глобулін Х	50–60
Актин	50–55	Міоглобін	60–70
Актоміозин	42–48	Колаген	55–65
Міоген	55–65	Еластин	125

За температури 60–65°C змінюють структуру понад 90% внутрішньоклітинних протеїдів, еластин зазнає денатурації за температури 125°C. За руйнування міоглобіну утворюється простий білок глобін та простетична група (гем). Надалі гем під впливом підвищеної температури перетворюється на коричневий пігмент

гемохром, який адсорбується на молекулі глобіну. Частина молекул гемохрому окиснюється до пігменту гематину, у результаті чого двовалентне залізо (Fe_2^+) переходить у тривалентне (Fe_3^+). Суміш гемохрому і гематину надає м'ясу сіро-коричневого забарвлення.

Збереження типового червоного кольору м'яса досягають обробкою його перед засолом невеликими, нешкідливими для здоров'я людини і тварин, дозами нітрату калію (калійною селітрою), а за взаємодії останнього з міоглобіном виникає нітрозоміоглобін який за нагрівання перетворюється на денатурований глобін і нітрозоміохромоген, що зумовлює збереження м'ясом червоного забарвлення.

6.1. Біохімічні зміни у м'ясі і м'ясопродуктах у процесі варіння

Під час варіння м'яса змінюються фізико-хімічні властивості та фізичний стан основного білка сполучної тканини – колагену. За термічної обробки колаген гідролітично розщеплюється до проміжних продуктів розпаду – глютину і глютоз, що призводить до послаблення водневих зв'язків, розпушення сполучнотканинної стромы, зменшення жорсткості м'яса й підвищення його перетравлювання та засвоєння у тонкому відділі кишечника. Нагрівання м'яса до високих температур (понад $100\text{ }^{\circ}\text{C}$), особливо за стерилізації, призводить до погіршення окремих його показників, особливо перетравлювання білків.

Під час варіння м'яса руйнуються поверхневі клітинні мембрани ліпоцитів (жирових клітин), краплі жиру потрапляють у бульйон,

утворюючи емульсію. За нагрівання м'яса вище 100°C настає часткове гідролітичне розщеплення молекул нейтрального жиру з утворенням гліцеролу і високомолекулярних жирних кислот. Ненасичені жирні кислоти (олеїнова, ліолева, ліноленова) у таких умовах можуть окиснюватися з утворенням окисикислот та інших продуктів окиснення (альдегідокислот, кетокислот, альдегідів, кетонів), що надає харчовим продуктам неприємного запаху і гіркого смаку.

Під час варіння м'яса і м'ясопродуктів звільняються леткі жирні кислоти, можлива полімеризація, прискорюється окислювальне псування жирів за зберігання (особливо свинини).

При цьому утворюється бульйон, що містить білки, жири, мінеральні речовини, азотовмісні та безазотисті екстрактивні речовини, вітаміни А та Е, а за короткочасної термообробки ще й вітаміни В1, С, D.

Вміст цих сполук залежить від способів варіння. Коли м'ясо покласти варити у холодну воду, одержують концентрований бульйон і малоцінне за харчовими якостями м'ясо. Якщо м'ясо переносять у киплячу воду, відбувається швидка коагуляція білків поверхневого шару, виділення у бульйон екстрактивних сполук зменшиться, але одержують соковите і смачне м'ясо та малоконцентрований бульйон. Сухе нагрівання м'яса зумовлює розпад вітамінів та інших речовин, зокрема пептидів й амінокислот.

У формуванні запаху та смаку м'яса беруть участь сполуки різної хімічної природи. Важлива роль в цьому належить глютаміновій кислоті та її солям, вміст яких у м'ясі навіть у незначних

кількостях (0,03%) надає продукту смак. Глутамінова кислота утворюється за нагрівання у слаболужному середовищі із глутаміну, що міститься у м'язовій тканині:

Суттєве значення у формуванні запаху та аромату має інозинова кислота, креатин, креатинін, меркаптани, що утворюються із сірковмісних амінокислот, леткі жирні кислоти та інші карбонільні сполуки. Внаслідок реакції меланоїдиноутворення (особливо під час смаження) синтезуються темно-коричневі продукти – меланоїдини. Теплова обробка м'яса призводить до зменшення вмісту вітамінів, особливо водорозчинних, за рахунок їх хімічних змін.

Так, залежно від умов обробки м'яса втрата вітаміну B_1 складає 30-60%, B_2 та B_3 – 15-30, B_5 – 10-35, B_6 – 30-60 %.

Зміна структурно-механічних властивостей м'ясопродуктів під час нагрівання залежить від температури і тривалості нагрівання, вмісту сполучної тканини, природної особливості, віку тварин, ступенів подрібненості, зневоднення та розвитку автолітичних процесів, величини рН, наявності солей тощо.

6.2. Біохімічні зміни у м'ясі і м'ясопродуктах у процесі копчення

Копчення – процес обробки харчових продуктів димом, що утворюється за неповного згорання деревини. Нині застосовують копчення холодне (18–22 °C), гаряче (60–100 °C), мокре, бездимне, електрокопчення тощо. Коптильний дим є аерозолем (суміш найдрібніших твердих і рідких частинок, завислих у газовому середовищі). У ньому є гази: N_2 , H_2 , CO , CH_4 , C_2H_2 , а також органічні

сполуки, що за певної температури перебувають у стані пари. До складу коптильного диму входить понад 200 хімічних сполук різних класів речовин, зокрема низькомолекулярні жирні кислоти:

мурашина (HCOOH),
 ацетатна (CH_3COOH),
 пропіонова ($\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$),
 масляна ($\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$),
 валеріанова ($\text{C}_4\text{H}_9\text{COOH}$),
 капронова ($\text{C}_5\text{H}_{11}\text{COOH}$);

кетокарбонові кислоти:

α -кетоглутарова ($\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CO-COOH}$),
 левулінова ($\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_3$;
 двоосновні кислоти:
 маленова ($\text{HOOC-CH}_2\text{-COOH}$),
 бурштинова ($\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$),
 фумарова (HOOC-CH=CH-COOH);

ароматичні кислоти: ванілінова та бузкова.

У димі наявні альдегіди: аліфатичні (мурашиний, ацетатний, пропіоновий), ароматичні (бензальдегід, бузковий альдегід) та гетероциклічні (фурфурол, метилфурфурол).

Дим містить кетони, зокрема, ацетон ($\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$) та метилпропілкетон ($\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$), а також спирти ($\text{CH}_3\text{OH-}$ $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$).

Запах диму надають одноатомні (фенол, ванілінова кислота, бузкова кислота бензальдегід, бузковий альдегід, фурфурол, метил фурфурол, крезол), двоатомні (пірокатехін, гідрохінон, гваякол) та

триатомні феноли (пірогалол, флороглюцин).

До складу диму входять аміни: метиламін (CH_3NH_2), етиламін ($\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$), бутиламін ($\text{C}_4\text{H}_9\text{NH}_2$), а також етери, естери, смолянисті речовини (фенолформальдегідні смоли) та арени (бензен, толуен, фенатрен тощо). Співвідношення перерахованих сполук може змінюватися залежно від виду деревини та режиму згорання.

Якість готових виробів залежить від швидкості осадження і глибини проникнення часточок диму. При цьому змінюються складові частини продукту за рахунок складних взаємозв'язаних хімічних, фізико-хімічних та біохімічних процесів, що впливають на консистенцію, органолептичні властивості та стійкість під час зберігання. Копчений продукт значно зневоднюється (на 7–20 %) за рахунок випаровування вологи. За гарячого копчення проходить часткова теплова денатурація білків і від'єднання функціональних груп ($-\text{SH}$, $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$ тощо), які взаємодіють з леткими речовинами диму, що спричинює незворотну дегідратацію, коагуляцію частини білків саркоплазми та міофібрил, у зв'язку з чим продукт краще ущільнюється. Під час гарячого копчення (до 40-50°C) активізуються автолітичні процеси, що каталізуються мікробіальними ензимами. При цьому відбувається гідролітичний розпад білків (протеоліз), ліпідів (ліполіз), а також ряд інших ферментативних процесів, які були пригнічені під час соління. Тривале холодне копчення супроводжується глибшою ферментацією, відбувається гомогенізація тканин, консистенція м'яса стає м'якою та ніжною.

Компоненти диму мають різні відтінки запаху, що створює специфічний “букет” смаку та запаху копченого продукту. Під час

копчення різні продукти (свинина, яловичина, риба) набувають смаку та аромату, властивих кожному із них. Наслідком копчення є забарвлення поверхні виробу у коричневі відтінки. Хімізм утворення кольору зумовлений осадженням на поверхні продукту фарбуючих компонентів, основними з яких є смоли, вуглеводні та фенольні фракції.

Стійкість копчених продуктів до дії мікроорганізмів пов'язана із бактерицидною дією коптильних речовин (формальдегіду, фенолу тощо). Феноли також проявляють антиокиснювальну дію, що гальмує процес псування жирів.

Основною вимогою до коптильних речовин є їх безпечність і нешкідливість для організму людини та відсутність пригнічувальної дії на ферменти травлення. Окремі компоненти диму (органічні кислоти, карбонільні сполуки) у тих кількостях, в яких вони накопичуються у копчених продуктах, нешкідливі для організму людини. Водночас накопичення формальдегіду є небажаним, оскільки він впливає на білкову структуру травних ферментів, знижуючи їх активність. Певною токсичною дією характеризуються феноли, які здатні знешкоджуватися у печінці та виводитися з організму у вигляді парних сполук із сульфатною та глюкуроною кислотами. У разі неправильного процесу копчення у димі може бути наявним 3,4-бензопірен, який має канцерогенну дію. Продукти, що підлягають копченню, необхідно захищати покриттям (ковбасні оболонки, шкіра) з тим, щоб леткі речовини диму адсорбувалися на оболонці, а не на продукті.

6.3. Біохімічні зміни у м'ясі м'ясопродуктах у процесі сушіння

Сушіння – процес видалення вільної вологи без руйнування клітинної мембрани та без змін енергетичної цінності продукту за певних параметрів повітря. На сушіння направляють ковбаси (напівкопчені, варено-копчені та сирокоччені) та копченості. Сушіння є одним із способів консервації. Висушені продукти мають значно меншу масу і містять ту саму кількість поживних речовин. Проте у процесі сушіння разом з вологою видаляються леткі ароматичні та смакові речовини, можлива хімічна взаємодія частини продукту з киснем повітря, зміни за дії підвищеної температури.

Обмін речовин у живих організмах відбувається у водному середовищі. Нестача води уповільнює чи майже припиняє розвиток мікроорганізмів. Мінімальний вміст вологи у білкових продуктах, за якого можливий розвиток бактерій, становить 25–30%, проте плісняві гриби здатні розмножуватися за вмісту вологи близько 15%. Сушіння не можна використовувати для стерилізації та знешкодження харчових продуктів, які уражені патогенною мікрофлорою.

У м'ясній промисловості застосовують сушильні камери, які оснащені кондиціонерами для підтримки необхідних параметрів температури (12°C) та відносної вологості (75%). За сушіння сирих продуктів відбуваються процеси, що активуються тканинними ферментами (дозрівання) і мікрофлори, та структурування. Процес сушіння відбувається у декілька етапів:

1 – пароутворення на поверхні та всередині продукту; 2 – перенесення водяної пари у зовнішнє середовище через межуючий

шар; 3 – перенесення вологи від центру до поверхні.

Ці явища відбуваються за рахунок різниці парціального тиску водяної пари на поверхні продукту та у навколишньому середовищі. При цьому разом із вологою переносяться водорозчинні речовини.

За сушіння сирих продуктів продовжується розпочате раніше (соління, холодне копчення) руйнування клітинних структур м'яса за рахунок ферментативного гідролізу білків (за дії тканинних і мікробіальних ензимів). Близько 15% білків розщеплюються до поліпептидів та низькомолекулярних азотовмісних сполук. Ці зміни зумовлюють підвищення гомогенності фаршу та формування характерної однорідної структури. Поряд з цим проходить протилежно направлений процес вторинного структурування за рахунок агрегації білків на фоні зниження рН фаршу (діяльність молочнокислих бактерій) та його зневоднення. Вторинне структурування зумовлює зниження ступеня перетравленості білків травними ферментами.

Специфічний смак і аромат сирокочених ковбас пояснюється, головним чином, наявністю карбонільних (R_1-CO-R_2) й сульфуромісних сполук ($R-SH$), органічних кислот ($R-COOH$), спиртів ($R-OH$), етерів (R_1-O-R_2) та естерів ($R_1-CO-O-R_2$). Певну роль відіграє молочна кислота ($CH_3-CH(OH)-COOH$) як продукт ферментативного перетворення вуглеводів, а також пептиди, вільні амінокислоти та продукти гідролізу жиру.

У процесі тривалого сушіння продовжується розвиток мікроорганізмів, що у поєднанні з іншими компонентами забезпечує підвищену стійкість продукту до мікробіального псування.

Список використаної літератури:

1. Розанцев Э. Г. Биохимия мяса и мясопродуктов / Э. Г. Розанцев. – М. : ДеЛи принт, 2006. – 240 с.
2. Технология мяса и мясопродуктов / под ред. И. А. Рогова. – М. : Агропромиздат, 2008 – 576 с.
3. Технологія м'яса та м'ясних продуктів : підруч. / [М. М. Клименко, Л. Г. Віннікова, І. Г. Береза та ін.]; за ред. М. М. Клименка. – К. : Вища освіта, 2006. – 640 с.
4. Масліков М. М. Сучасні проблеми холодильного оброблення м'ясопродуктів / М. М. Масліков // Мясное Дело. - 2014. - № 3. – С. 32-33.
5. Кудряшов Л. С. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов/ Л. С. Кудряшов. – М. : ДеЛи принт, 2006. – 160 с.
6. Янчева М. О. Фізико-хімічні та біохімічні основи технології м'яса та м'ясопродуктів: навч. посіб. / М. О. Янчева, Л. В. Пешук, О. Б. Дроменко. – К. : Центр учбової літератури, 2009. – 304 с.

Навчальне видання

Стріха Людмила Олександрівна

БІОХІМІЯ М'ЯСА І М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

Курс лекцій

Відповідальний за випуск: Л. О. Стріха

Технічний редактор: Л. О. Стріха

Формат 60×84 1/16 Ум. друк. арк. 2,38 .

Тираж 50 прим. Зам. №____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Паризької комуни, 9
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490
від 20.02.2013 р.