

ЛЕКЦІЯ

ТЕМА : ОХОЛОДЖЕННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ В ОХОЛОДЖЕНОМУ СТАНІ М'ЯСА І М'ЯСОПРОДУКТІВ

ПИТАННЯ:

1. Технологія охолодження та переохолодження м'яса.
2. Охолодження м'ясопродуктів.
3. Охолодження птиці.
4. Зберігання м'яса в охолодженому та переохолодженому стані.
5. Зміни, що відбуваються при зберіганні м'яса і м'ясопродуктів в охолодженому стані.

Література:

1. Холодильная техника и технология : Учебник/ Под ред. А. В. Руцкого. – М.:ИНФРА – М, 2000. – 286с.
2. Головкин Н.А. Холодильная технология пищевых продуктов. – М.: Легкая и пищевая пром – сть, 1984. – 240 с.
3. Данилов А. М. Холодильная технология пищевых продуктов. – Киев : « Вища школа », 1974. – 254 с.
4. Маркова К. Д., Школьников Е. Ф. Холодильная технология пищевых продуктов. – М.: Торговая литература, 1962. – 156 с.
5. Ильясов В.С., Полушкин В.И., Васильева Н.Л. Холодильная технология продуктов в мясной и молочной промышленности – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1983. – 216 с.

За термічним станом м'ясо розподіляють наступним чином:

- **парне** - м'ясо, яке отримано безпосередньо після забою худоби і має температуру в товщі стегна $36...37^{\circ}\text{C}$;
- **вистигле** - м'ясо, яке втратило своє природне тепло в звичайних умовах, і має температуру в товщі стегна $12...15^{\circ}\text{C}$;
- **охолоджене** – це м'ясо, яке після термічної обробки має температуру в товщі стегна $0...+4^{\circ}\text{C}$;
- **підморожене (переохолоджене)** – це м'ясо, яке після термічної обробки має температуру в товщі стегна $-2...-3^{\circ}\text{C}$;
- **заморожене** - це м'ясо, яке після термічної обробки має температуру в товщі стегна не вище -8°C ;
- **розморожене** – це м'ясо, яке частково відновило свої природні властивості в спеціально створених умовах, і має температуру в товщі стегна -1°C ;
- **відтанувше (тале)** – це м'ясо в якому температура зросла в результаті порушення технологічних режимів (транспортування або зберігання), і має температуру в товщі стегна від $-8...-1^{\circ}\text{C}$.

1. ТЕХНОЛОГІЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ТА ПЕРЕОХОЛОДЖЕННЯ М'ЯСА

Сутність охолодження продуктів тваринного походження полягає в зниженні їх температури шляхом теплообміну з охолоджуючим середовищем, але без льодоутворення.

Охолодження забезпечує збереженість високих поживних властивостей продуктів при низьких змінах в них. Однак, *охолодженні продукти тривалому зберіганню не підлягають*, тому що при близькриоскопічних температурах багато видів шкідливих мікроорганізмів активно розвиваються та продукт може швидко псуватися.

Конкретні *режими охолодження* для кожної групи продуктів *визначаються з урахуванням криоскопічної температури* і відповідно особливостей їх складу, властивостей, мікроструктури, біохімічних процесів та економічності.

Найбільш розповсюдженим *методом охолодження м'яса є повітряний*.

Порівняно *нові методи*:

- охолодження повітрям або іншим газом при підвищеному тиску;
- гідроаерозольне охолодження;
- охолодження в середовищі вуглекислого газу;
- охолодження парами кріогенної рідини;
- вакуумне охолодження;
- охолодження в РГС та МГС;
- охолодження з використанням фізичних методів;
- глибоке охолодження продуктів, які упаковані в середовищі інертних газів.

Повітряним методом м'ясо у вигляді туш та напівтуш охолоджують в камерах та тунелях з підвісними шляхами та системою регулювання режимів холодильної обробки.

В камерах охолодження *яловичі та свинячі півтуші знаходяться на підвісних шляхах, а баранячі туші на рамах*. Відстань між тушами не менш 5 см. В камеру охолодження завантажують м'ясо одного виду, однієї категорії угодованості і по можливості однієї ваги, завдяки чому уся партія одночасно охолоджується до кінцевої температури. В процесі охолодження **ВВП** самовстановлюється на рівні **85 ...92 %** за рахунок випаровування вологи із продукту.

Охолодження м'яса в повітрі виконують різними *способами: одно -, двох -, трьохстадійним та програмованим*.

Одностадійне охолодження виконують при температурі $-2...-5^{\circ}\text{C}$ і швидкості руху повітря 0,5...2 м/с до температури в товщі м'язів стегна $0...4^{\circ}\text{C}$. Тривалість охолодження при цьому становить 14 – 24 години.

При подальшому зниженні температури охолоджуючого повітря можливе підморожування м'яса, тому використовують двох – та трьохстадійне охолодження з використанням перемінних параметрів повітряного середовища.

Стадійне охолодження м'яса може виконуватись в одній або різних камерах. Так свинячі напівтуші на **першій стадії** охолоджують при температурі $-10\ldots-12^{\circ}\text{C}$ протягом 1,5 години, **на другій стадії** при температурі $-5\ldots-7^{\circ}\text{C}$ протягом 2 годин та при **доохолодженні** (з метою рівномірного розповсюдження температури по товщі напівтуш) – при температурі біля 0°C протягом 6...8 годин. На **першій і другій стадії** швидкість руху повітря 1...2 м/с, а при **доохолодженні** – 0,5 м/с при його ВВП 95...98%.

При програмному охолодженні м'ясо спочатку охолоджують при температурі $-4\ldots-5^{\circ}\text{C}$ та швидкості руху повітря 4...5 м/с, а потім при температурі 0°C та перемінної швидкості руху повітря, яка змінюється по заданій програмі від початкової до 0,5 м/с.

Інтенсифікований спосіб охолодження яловичини передбачає використання на першій стадії повітря з температурою до -25°C , що рухається зі швидкістю 5...10 м/с. **При досягненні на поверхні півтуші кріоскопічної температури починається друга стадія охолодження**, протягом якої температура повітря підтримується на рівні кріоскопічної, а швидкість його не перевищує 0,5 м/с.

Гідроаерозольне охолодження являє собою охолодження м'яса в інтенсивно циркулюючій та насиченій до 100 % - вої ВВП середовища. Для попередження псування м'яса в воду можуть додаватись бактерицидні речовини. За кордоном охолодження найчастіше виконують в крапельно – рідкому середовищі **пропиленгліколя**. При цьому продукти охолоджують розчином пропиленгліколю температурою $-8\ldots-15^{\circ}\text{C}$ до досягання необхідної температури в товщі продукту; ефективність процесу в 2...3 рази вище повітряного охолодження.

Вакуумне охолодження полягає в наступному: півтуші, які мають температуру 37°C , розбирають, роблять обвалення та жилювання м'яса в приміщенні при температурі 8°C . Відруби поступають на вакуум – пакувальну лінію, де піддаються вакуумному охолодженню при температурі $0\ldots2^{\circ}\text{C}$. В залежності від розмірів відрубів через 4...9 годин температура в товщі продукту знижується до 7°C , а через 14 годин – до 2°C . При такому охолодженні значно покращується санітарний стан м'яса, збільшується термін його зберігання.

В теперішній час розробляються способи охолодження з використаннями електрофізичних методів, до яких належать метод *охолодження за допомогою електрично заряджених крапель рідини*, електричноконвективне охолодження м'яса, метод обробки м'ясопродуктів іонізуючими газами.

Підморожування або переохолодження полягає в зниженні температури продукту трохи нижче ніж кріоскопічна для покращення умов їх зберігання. Оскільки зниження температури продуктів супроводжується деяким льодоутворенням, термін “переохолодження” не точний. Більш вірно – “підморожування”.

Підморожування можуть виконувати двома способами:

1. Продукт розташовують у камери, де підтримується температура -3°C . Температура продукту поступо знижується, наближаючись до температури в камері;
2. Продукт розташовують у морозильних камерах з температурою $-25\ldots-35^{\circ}\text{C}$, де заморожується поверхневий шар певної товщини. Тривалість витримки для яловичини $6\ldots10$ годин, для свинини $4\ldots8$ годин, для баранини – $2\ldots3$ години. Далі продукт переміщують в камеру зберігання з температурою $-2\ldots-3^{\circ}\text{C}$, де внаслідок внутрішнього теплообміну по всьому об'єму продукту встановлюється температура, яка дорівнює температурі зберігання. Витримка продуктів в камерах зберігання не менш 1 доби.

2. ОХОЛОДЖЕННЯ М'ЯСОПРОДУКТІВ

СУБПРОДУКТИ, укладають в противні шаром не більше 10 см, рубці охолоджують в підвішеному стані на крюках, не пізніше ніж 5 годин після забою. Тривалість охолодження при температурі 0°C та ВВП $85\ldots90\%$ біля 24 годин. Для охолодження субпродуктів використовують також снігоподібну вуглекислоту. Охолодження виконують в спеціальних тунелях, кількість вуглекислоти регулюють за допомогою реле часу.

ОХОЛОДЖЕННЯ ЖИРУ – СИРЦЯ

Жир – сирець необхідно охолоджувати для покращення та прискорення процесу подрібнення.

Охолоджують жири до температури $0...4^{\circ}\text{C}$ в повітряному середовищі або у воді.

При охолодженні в повітряному середовищі жир розташовують на вішалах або перфорованих піддонах шаром не більше 5 см. Температура повітря становить $-2...+1^{\circ}\text{C}$, ВВП – 85%, тривалість охолодження - не більше 24 годин.

При охолодженні жиру – сирця водою, температура останньої $3...4^{\circ}\text{C}$, термін охолодження 5...6 годин. Воду такої температури отримують шляхом додавання до неї льоду.

Тваринні харчові жири охолоджують перед фасуванням у тару з метою надання їм щільної консистенції, однорідної структури, а також гальмування окислювальних та гідролітичних процесів.

При пакуванні в велику тару жири піддають одностадійному охолодженню від 65 до 40°C (яловичий та баранячий) і 35°C (свинячий та кістковий). При пакуванні в картонні коробки свинячий жир охолоджують до $24...25^{\circ}\text{C}$; при пакуванні в дрібну тару на фасовочних автоматах жири попередньо охолоджують до 35°C для більшої пластичності, а потім додатково охолоджують до $12...21^{\circ}\text{C}$.

При охолодженні перед пакуванням в середовищі інертних газів в жирах затримуються хімічні та біохімічні процеси їх псування.

Використання холоду в ковбасному виробництві

Холод в ковбасному виробництві використовують на стадії підготування сировини:

- при посолі фаршу виконують його дозрівання при низьких температурах ($0...4^{\circ}\text{C}$) протягом 4...72 годин в залежності від ступеню подрібнення м'яса та виду виробів.
- При подрібненні на кутерах температура м'яса підвищується, тому що механічна енергія робочих органів кутера переходить в теплоту. Для зниження температури фаршу в нього додають харчовий лід.
- Осадку виконується при температурі $4...8^{\circ}\text{C}$, протягом 2...48 годин.

Варені ковбаси охолоджують в **дві стадії**: першу виконують тонко розпиленою водою з використанням випаровувального ефекту охолодження, другу – інтенсивно рухаючимся повітряним потоком, який має температуру $0...8^{\circ}\text{C}$, швидкість руху 4 м/с. Тривалість охолодження водою 5...30 хвилин, повітрям 1...10 годин.

Однак, для варених ковбас найбільш ефективним є **трьохстадійний спосіб**: зрошення водою із форсунок глибокого розпилу, охолодження в гідроаерозольному середовищі, а потім – повітряне.

Порівняно новим є **спосіб охолодження варених ковбас в пінному повітряно – рідкісному потоці**. Ковбасні вироби охолоджуються в дві стадії: на першій-за рахунок випаровування води при проходженні крізь неї повітря, а на другій – шляхом використання випаровувального ефекту в поєднанні з холодом, та з послідовним підсушуванням батонів протягом 2...3 хвилин. Швидкість руху повітря 10...16 м/с. При початковій температурі продукту 70°C і температурі води -2°C батони охолоджуються за 50 хвилин (що в 1,5 раза швидше порівнянно з іншими способами). Усихання становить менше 0,3%.

Для **варено – копчених і напівкопчених ковбас** використовують повітряне охолодження при температурі $8...12^{\circ}\text{C}$ і швидкості руху повітря 1,5 – 2м/с.

НАПІВФАБРИКАТИ виробляються при температурі в приміщенні $10...12^{\circ}\text{C}$ при ВВП – 70...80%. Після виготовлення напівфабрикати охолоджують до температури $0...6^{\circ}\text{C}$, після чого їх реалізують або відправляють на зберігання у камери при температурі $+4^{\circ}\text{C}$, ВВП – 85 %.

ПАСТЕРИЗОВАНІ М'ЯСНІ КОНСЕРВИ охолоджують водою, а потім повітрям при температурі $0...2^{\circ}\text{C}$ та швидкості охолоджуючого середовища до 3 м/с. Тривалість охолодження до 24 годин.

3. ОХОЛОДЖЕННЯ ПТИЦІ

Тушки **птиці** охолоджують **повітрям, льодоводяною сумішшю, льодяною водою, двооксидом вуглецю та азотом**. Використовують також **комбіновані методи охолодження (спочатку в льодяній воді, потім в повітрі)**.

Найбільш розповсюдженим способом охолодження є **занурювання або зрошуванням тушок птиці в льодяною водою, або водольодяною сумішшю**. Льодяну воду або водольодяну суміш отримують шляхом додавання до звичайної води лускатого льоду або пропусканням її крізь спеціальні випарювачі, в яких вона охолоджується до необхідної температури. В сучасних умовах цей ефект досягається барботуванням крізь воду двооксиду вуглецю або азоту з низькими температурами.

Після охолодження льодяною водою шкірка на тушах стає світлою та чистою, зникають плями від забитих місць. Температура льодяної води повинна бути не вище 2°C , а час охолодження – 0,5...1 година.

При повітряному охолодженні тушки охолоджують у холодильних камерах тунельного типу або у камерах зберігання. Перед охолодженням тушки птиці формують. Охолоджують тушки поштучно **на візках або упакованими в дерев'яні чи картонні ящики**. Останні встановлюють штабелями з відстанню між ними не менше 5 см. Температура **в камерах зберігання під час охолодження** $0...-1^{\circ}\text{C}$, ВВП – 95%, термін охолодження 12...24 години.

В камерах тунельного типу тушки розташовуються на візках, які мають сітчасті полиці, що розташовані одна над одною під кутом 30° до горизонтальної поверхні. Температура повітря $-0,5...-4^{\circ}\text{C}$, швидкість руху повітря 3...4 м/с, термін 6...8 годин.

Тривалість охолодження птиці інтенсифікованим повітряним методом (температура $0...-2^{\circ}\text{C}$, швидкість руху повітря 4 м/с), становить 3...6 годин в залежності від маси та угодзованості тушок. Виконується воно в тунельних камерах охолодження, де тушки знаходяться в підвішаному стані.

Повітряне охолодження використовують для тушок після сухої оціпки и теплової обробки, в інших випадках м'ясо зневожується та втрачає товарний вигляд.

З санітарної точки зору найбільш ефективним є **комбіноване охолодження**. При цьому способі тушки **попередньо охолоджують**, шляхом безперервного обприскування водопровідною водою протягом 10...15 хвилин. Потім тушки

занурюють в воду температурою $0...2^{\circ}\text{C}$ на 25...35 хвилин до досягнення температури в товщі м'язів $0...4^{\circ}\text{C}$. Доохолодження виконують повітряним шляхом. При цьому одночасно відбувається зниження температури часткове видалення зайвої вологи.

Ефективно використання для охолодження тушок птиці *снігоподібної вуглекислоти, яку вводять в внутрішню порожнину тушки із розрахунку $0,07\text{ кг}$ на 1 кг маси тушки.* Цього достатньо для того, щоб дуже швидко охолодити тушки до середньооб'ємної температури 0°C .

Підморожування птиці виконується в камерах заморожування або в тунельних морозильних апаратах як поштучно, так і упакованої у ящики. Температура повітря при цьому $-30...-35^{\circ}\text{C}$, тривалість 2...3 години.

Упаковану у плівки птицю можуть підморожувати у рідких охолоджуючих середовищах з температурою $-20...-25^{\circ}\text{C}$. Тривалість процесу при цьому 10...20 хвилин.

4. ЗБЕРІГАННЯ М'ЯСА ТА М'ЯСОПРОДУКТІВ У ОХОЛОДЖЕНОМУ ТА ПІДМОРОЖЕНОМУ СТАНІ

Після охолодження м'ясо відправляють на зберігання при низьких позитивних температурах, в ковбасне виробництво чи на реалізацію.

Метою зберігання є - запобігти відтаненню продуктів та уникнути небажаних змін властивостей продукту.

Охолоджене м'ясо зберігають при температурі повітря $0...-1^{\circ}\text{C}$, швидкості руху повітря 0,1...0,2 м/с, ВВП 85...90%. Охолоджені півтуші розташовують в камерах зберігання на підвісних шляхах на відстані 3...5 см одна від одної. Різні види м'яса зберігають окремо.

Термін зберігання охолодженого м'яса залежить від часу року, тривалості передзабійного відпочинку, угодованості, ступеню знекровлення та санітарно-гігієнічного стану туші, камер холодильної обробки та зберігання. Становить він 7...12 діб.

Переохолоджене м'ясо з температурою по всьому об'єму $-1...-2^{\circ}\text{C}$ зберігають також в підвішеному стані або у штабелях, при температурі -2°C , термін зберігання 17 діб.

Збільшити термін зберігання м'яса можна:

- використовуючи низькі температури зберігання ($-2...-3^{\circ}\text{C}$);
- використання УФ, іонізуючого випромінювань;
- використовуючи модифіковане газове середовище (20 % CO_2 , 80 % O_2);
- використовуючи комбіноване газове середовище (азот та вуглекислота 10%);
- використовуючи вакуумну упаковку, яка зменшує швидкість окисних процесів та ліквідує усихання;
- використовуючи консерванти та антиокислители в пакованому та розфасованому м'ясі;
- використовуючи харчові покриття;

Ці способи збільшують тривалість зберігання м'яса до 24 - свинина, 50 – яловичина, 70 - баранина днів.

Ковбасні вироби зберігають в підвішеному вигляді або упакованими в дерев'яну, пластикову чи картонну тару.

Напівкопчені ковбаси зберігають при температурі повітря $12...15^{\circ}\text{C}$ та ВВП 75...78% до 10 діб – в підвішеному стані, при температурі 6°C до 15 діб – у ящиках.

Варено-копчені ковбаси зберігають – в підвішеному вигляді при температурі повітря $12...15^{\circ}\text{C}$ та ВВП 75...78% до 15 діб; у ящиках при температурі $0...4^{\circ}\text{C}$ та ВВП 75...78% - до 1 місяця; сирокочені – при температурі $12...15^{\circ}\text{C}$ та ВВП 75...78% - до 4 місяців, при $-2...-4^{\circ}\text{C}$ – до 6 місяців.

Крупношматкові копчені вироби зберігають при температурі $0...8^{\circ}\text{C}$; варені та варено-копчені – в підвішеному вигляді так, щоб вони не торкалися один одного; копчені – в упаковці.

Терміни зберігання виробів: варених, варено-копчених, копчено-запечених, запечених, смажених при температурі $0...8^{\circ}\text{C}$ – 5 діб, сирокочених при температурі 12°C – до 5 діб, при $0...4^{\circ}\text{C}$ – до 30 діб.

Тваринні жири поступають на зберігання упакованими в дерев'яні бочки та ящики. Зберігають їх в окремих камерах, тому що вони дуже легко поглинають запахи. Жири в бочках або ящиках зберігають при $0...6^{\circ}\text{C}$ до 1 місяця, в герметичній металевій та скляній тарі – 18 місяців

М'ясні стерилізовані консерви зберігають при температурі $0...15^{\circ}\text{C}$ та ВВП - 75%; терміни зберігання в залежності від виду консервів від 1 до 3 років.

Консерви дитячого та дієтичного харчування в лакованих банках зберігають при температурі $0...15^{\circ}\text{C}$ до 18 місяців, а в банках з білої жерсті нелакованих – до 12 місяців. Пастеризовані консерви зберігають при $0...5^{\circ}\text{C}$ – до 6 місяців.

Охолоджену птицю зберігають у ящиках, які укладають в штабеля з відстанню між ними 10 см. Температура повітря $0...2^{\circ}\text{C}$, ВВП 80...85%, термін зберігання до 5 діб. При температурі повітря $0...-2^{\circ}\text{C}$ тушки зберігаються до 13 діб.

Пакування в полімерні плівки дозволяє знизити усихання (в 10 разів), покращити санітарний стан продукту. Термін зберігання такої птиці 5...6 діб. Використання снігоподібної вуглекислоти, модифікованої і комбінованої атмосфери дозволяє збільшити термін зберігання охолодженої птиці до 10 діб.

Підморожену птицю зберігають при температурі -2°C , ВВП – 95% протягом 25...30 діб.

Яйця поступають на зберігання в охолоджену стані. Зберігають їх в картонних або дерев'яних ящиках при температурі $-1...-2^{\circ}\text{C}$ та ВВП 85...88%. Ящики укладають в штабеля, щоб забезпечити доступ повітря. Термін зберігання до 6 місяців. При температурі $-2...-2,5^{\circ}\text{C}$ – до 12 місяців. При зберіганні один раз в 2 місяця виконують контрольне овоскопірування яєць. При цьому визначають усихання за величиною повітряної камери в середині яйця. За результатами контролю встановлюють термін подальшого зберігання.

5. ЗМІНИ, ЩО ВІДБУВАЮТЬСЯ В М'ЯСІ ТА М'ЯСОПРОДУКТАХ ПРИ ЗБЕРІГАННІ В ОХОЛОДЖЕНОМУ СТАНІ

При холодильному консервуванні в м'ясі відбуваються складні біохімічні та фізико – хімічні процеси. Основними серед них є автолітичні зміни, які обумовлені дією ферментів, що вміщуються в тканинах.

Автолітичні зміни складаються з трьох стадій: на *першій стадії* – післязабійному залякненні – переважають процеси залякнення м'язів; на *другій стадії* - дозріванні – відбувається розм'якшення м'язової тканини і накопичення продуктів, які формують споживчі властивості м'яса; на *третьій* – глибокий автоліз – повний ферментативний розпад тканин.

Тривалість кожної стадії залежить від умов холодильної обробки та зберігання продуктів тваринного походження.

Зі зниженням температури зберігання затримується початок та закінчення першої фази дозрівання м'яса в зв'язку зі зниженням швидкості біохімічних процесів, які протікають в м'язовій тканині. Так, якщо при 16 – 18⁰С яловичина знаходиться в стані залякнення добу, то при 0⁰С – 2 доби. При **повільному охолодженні м'яса** відбувається більш глибокий процес залякнення, ніж при прискореному, тому що швидше розпадається глікоген та збільшується вміст молочної кислоти.

Друга стадія дозрівання настає через 2 доби зберігання м'яса при низьких позитивних температурах. Під час цієї стадії в результаті протеолізу (ферментативного гідролітичного розпаду) білків зменшується жорсткість м'яса, збільшується його ніжність, покращуються смакові, ароматичні властивості, стає більш яскравим колір. Крім того в процесі дозрівання м'яса покращується засвоюємість м'яса. Таким чином дозрівшє м'ясо за комплексом показників має більш високу харчову цінність, ніж м'ясо в стані залякнення.

Встановлені оптимальні строки дозрівання, які забезпечують максимальну ніжність м'яса та його найкращі смакові і ароматичні властивості.

Для м'яса великої рогатої худоби можуть бути рекомендовані наступні умови та строки дозрівання: при 0°C – 12...14 діб, при 8°C – 6 діб, при $16...18^{\circ}\text{C}$ – 4 доби. *Баранина та свинина дозрівають в більш короткі строки:* при 0°C – відповідно 8 та 10 діб.

Для м'яса, яке іде на промислову переробку, рекомендується більш коротка витримка при 0°C , тому що під час технологічної обробки процес дозрівання продовжується: для ковбасного виробництва – 1...2 доби, для консервів та напівфабрикатів – 5...7 діб.

Через деякий час після забою в м'язовій тканині теплокровних тварин спостережується підвищення температури.

При несвоєчасному охолодженні післязабійне виділення тепла приводить до **загару** – пороку, в результаті якого м'язова тканина в глибинних шарах набуває сіруватого забарвлення та неприємного запаху. Внаслідок повільного відведення тепла, температура в глибинних шарах м'яса може досягнути 40°C та вище. При такій температурі починається денатурація термолабільних білків, відбуваються процеси розпаду окремих поліпептидів з виділенням вільних амінокислот. Міоглобін переходить в метміоглобін. Все це приводить до псування м'яса.

Для попередження загару м'ясо необхідно своєчасно охолоджувати. При появленні перших ознак його на товстих частинах півтуші роблять надрізи, що забезпечує доступ кисню та прискорює зниження температури.

На якість м'яса впливає також швидкість холодильної обробки в початковий період дозрівання. Якщо парне м'ясо з високим значенням рН швидко охолодити або заморозити до настання стадії залякнення, то при температурі м'язів біля 10°C виникає так зване “**холодове стиснення**”, або ущільнення м'язів, яке не повністю зворотне та приводить до підвищення жорсткості м'яса. Холодове стиснення має таку ж саму природу, що і післязабійне залякнення, тільки розвивається воно на фоні швидкого температурного перепаду охолоджених м'язів. Для швидкого охолодження характерний високий темп зниження температури, що і є вирішальним фактором розвитку холодового стиснення. Так як охолодження м'яса дрібних тварин та птиці відбувається

швидше, ніж великої рогатої худоби, то і небезпечність збільшення жорсткості м'яса у них зростає.

На ефект холодового стиснення впливає угодованість тварин, стан м'язів та інші фактори.

Методи запобігання холодовому стисненню:

1. ***Механічний спосіб*** полягає в тому, що м'ясо підвішують до спеціальних приладів та м'язова тканина розтягується під дією відповідної ваги або за допомогою додаткових вантажів. Якщо м'ясо після забою відокремити від кісток та швидко охолодити то холодове стиснення буде максимальним.
2. ***Використання хімічних речовин.*** Хімічні речовини запобігають зниженню рН, зв'язують кальцій, запобігають розпад АТФ. Хімічні речовини у вигляді мікроін'єкцій вводять перед забоєм або відразу ж після нього. Найчастіше за все це СДТА – 1,2 циклогександіаміноетаноїва кислота, адреналін, релаксанти, фосфати, хлористий магній, цитрат натрію.
3. ***Використання перемінного температурного режиму.*** Спочатку м'ясо витримують в камерах при температурі 15...20 °С декілька годин. Після цього температуру поступово зменшують до необхідної температури зберігання (0; +2; +4 та ін.). Чим нижче температура зберігання, тим більше витримка.
4. ***Електростимуляція.*** Цей метод дозволяє запобігти холодовому стисненню м'яса шляхом пропускання електричного струму крізь парні туші, напівтуші та відруби. Електростимуляцію виконують на будь-якому етапі технологічної обробки худоби (після знекровлення, зняття шкури або розпилювання туш на півтуші) імпульсним та перемінним струмом (напругою 240 – 250 В, частотою 40 – 60 Гц, протягом 1...3 хвилин).

Електростимуляція підвищує активність тканинних ферментів, викликає фізичне розтягнення та розрив м'язів, прискорює біохімічні зміни. При електростимуляції протягом 2 хвилин в м'язах відбуваються такі біохімічні зміни, які в звичайних умовах тривають 7 годин.

Використання *електростимуляції* ефективно для прискорення пом'якшення м'яса охолодженого, замороженого та розмороженого. М'ясо, яке піддавалося електростимуляції, має ніжну консистенцію, добре природне забарвлення та смак.

Фізичні зміни при охолодженні характеризуються головним чином *втратами ваги продуктів, та ущільненням поверхневого шару* (утворення шкірочки підсихання).

Зміни, що відбуваються при холодильній обробці продуктів тваринного походження міцно пов'язані з *вмістом в них вологи*. Зі зниженням температури *молекули води* завдяки дипольному характеру *утворюють комплекси*. *Навколо іонів* або гідрофільних колоїдних часток *утворюється гідратна оболонка, водопов'язуючі сили* в середині якої збільшуються по напрямленню *в середину*. Диполі води, які згруповані на молекулі – носіючі, міцно пов'язані з нею, і вода в такому випадку називається зв'язаною. Вона має підвищену щільність і сильно низьку розчинну здатність, що є однією з причин зберігання якості продукту при холодильному зберіганні. *Зі зниженням температури кількість зв'язаної води збільшується і гальмує хімічні та біохімічні реакції*.

Із – за великого вмісту вологи в м'ясі тварин над його поверхньою встановлюється висока відносна вологість повітря (98 – 99 %), яка завжди перевищує середню вологість повітря в камерах для холодильної обробки та зберігання продуктів.

Відносна вологість повітря в камері зберігання при температурі від -1 до 0^0 може становити максимум 90...95 %. Із – за різниці в тиску пару *поверхня охолодженого м'яса швидко підсихає*, доки рівноважна вологість над нею не наблизиться до ВВП в холодильній камері. Чим більше поверхня продукту по відношенню до його об'єму, тим швидше він висихає. З ростом швидкості руху повітря збільшуються також і втрати від випаровування. Концентрація розчину в поверхневому шарі зростає, що веде до незворотних процесів. Кірочка підсихання не тільки перешкоджає розвитку мікроорганізмів на поверхні м'яса, але і значно знижує втрати маси при зберіганні охолодженого м'яса.

При охолодженні мають місце процеси тепло – та масообміну між продуктом та охолоджуючим середовищем, що викликає випаровування вологи з поверхні продукту (*усихання*), та перехід теплоти від продукту в охолоджуюче середовище.

Мікробіологічні зміни обумовлені тим, що в процесі охолодження створюються умови, що *гальмують розвиток мікроорганізмів*, а зменшення вологості поверхні продуктів значно затримує їх ріст та розмноження. На м'ясі до та після охолодження перебільшують мезофільні форми мікроорганізмів; психрофільних бактерій порівняно не багато; частина мікроорганізмів в процесі охолодження гине або переходить в стан анабіозу. *Швидке охолодження продуктів гальмує розвиток мікроорганізмів.*

До вагомих змін, що відбуваються в охолодженному м'ясі при зберіганні відносять *зміни, викликані протеолізом м'язових білків*. Міофібрілярні білки, в результаті порушення структури, стають більш розчинними. В результаті протеолізу відбувається накопичення вільних амінокислот, а також змінюється їх кількісний та якісний склад. В парному м'ясі великої рогатої худоби виявлено 14 вільних амінокислот, причому були відсутні треонін, пролін та тирозін. Після зберігання протягом 1 доби при низьких позитивних температурах вміст більшості амінокислот спочатку знижується, а потім починає зростати. Для яловичини максимум накопичення вільних амінокислот відмічається після 120 годин зберігання.

При зберіганні м'яса в підмороженому стані при температурі -2°C зниження вмісту амінокислот відбувається на 7...8 добу зберігання, причому на 15 добу досягає максимуму.

В процесі зберігання тушек птиці в переохолодженному стані при -2°C накопичення амінокислот уповільнюється. Так, при температурі 2°C на 6 добу зберігання кількість більшості вільних амінокислот збільшується в 3...5 разів, в той час, як при -2°C подібне зростання їх спостерігається тільки на 20 добу зберігання.