

Лекція № 10

ТЕМА: ЗАМОРОЖЕННЯ М'ЯСА І
М'ЯСОПРОДУКТІВ.



План лекції

1. Поняття про кріоскопічну точку тканини рідин.
2. Залежність між температурою продукту і кількістю вимерзлої води.
3. Розмороження як процес зворотній розморожуванню.
4. Ступінь зворотності властивостей м'яса при розмороженні та його залежність від змін при замороженні і зберіганні.

Рекомендована література для вивчення теми

1. **Технологія м'яса та м'ясних продуктів: Підручник** / М.М. Клименко, Л.Г. Віннікова, І.Г. Береза та ін.; За ред. М.М. Клименка. — К.: Вища освіта, 2006. — 640 с.: іл.
2. Алехина Л.Т, Большаков А.С., Горбатов В.П. Технология мяса и мясопродуктов / Под ред. Рогова Н.А. — М.:Агропромиздат, 1998. — 576 с.
3. Рогов Н.А., Забашта А.Г. и др. Общая технология мяса и мясопродуктов. — М.: Колос, 2000. — 367 с.
4. Янчева М. О. Фізико-хімічні та біохімічні основи технології м'яса і м'ясопродуктів : навч. посібник / М. О. Янчева, Л. В. Пешук, О. Б. Дроменко. — Харків : ХДУХТ, 2007. — 221 с.
5. 2. Кудряшов Л. С. Физико-химические й биохимические основы производства мяса й мясных продуктов / Л. С. Кудряшов. — М. : ДеЛи принт, 2008. — 160 с.
6. Эванс Дж. А. Замороженные пищевые продукты: производство и реализация / Дж. А. Эванс ; пер. с англ. — СПб. : Профессия, 2010. — 440 с.
7. Данилова Н. С. Физико-химические й биохимические основы производства мяса й мясных продуктов : учеб. пос. / Н. С. Данилова. - М. : КолоС, 2008. — 28 с.

1.Поняття про кріоскопічну точку тканини рідин.



Заморожування харчових продуктів - це спосіб консервації продуктів, що полягає в пониженні температури заморожуваного продукту **нижче точки замерзання його соків.**

Ця т. з. **кріоскопічна точка** залежить від концентрації розчинних речовин в клітинному соку і складає в середньому:

молока - **0,55°C;**

яєць - **0,5°C;**

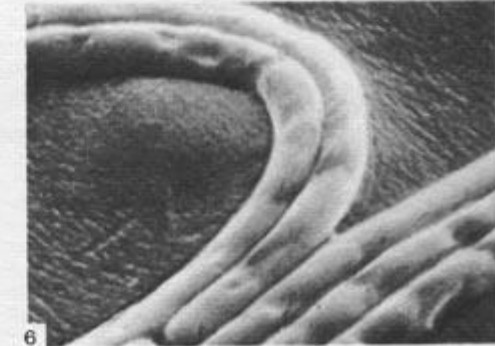
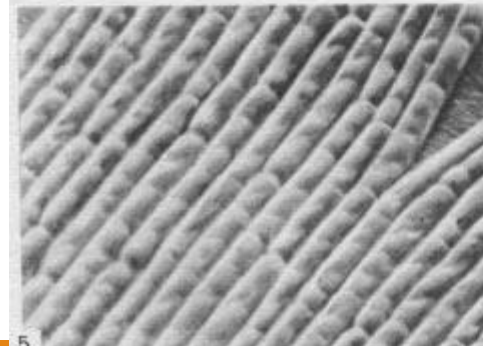
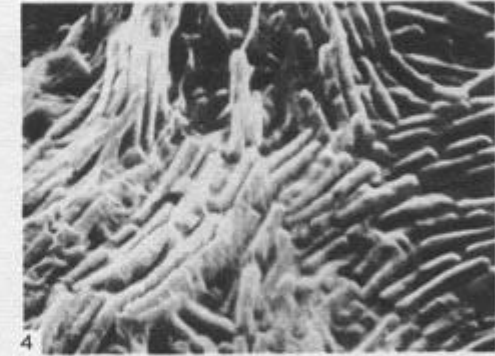
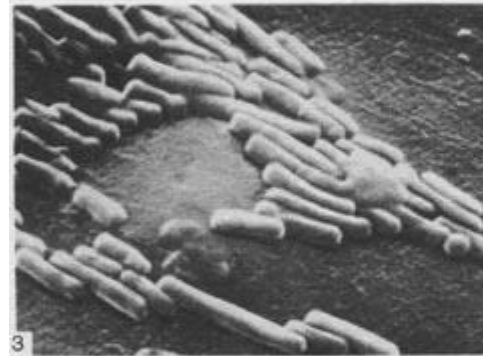
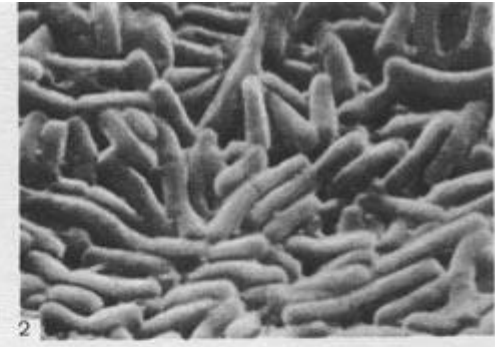
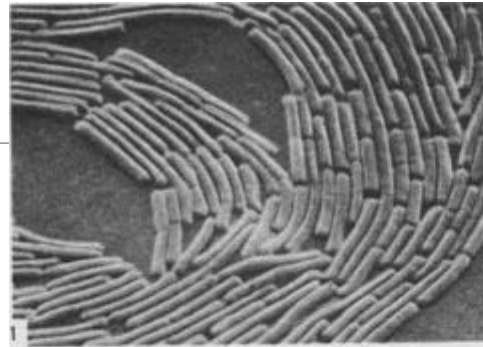
риби від - **0,6° до - 2°C.**

Для м'ясного соку це температура від **-0,6 до -1,2°C.**

При подальшому охолодженні температуру знижують від - 18 до - 25°C; в деяких випадках до – 50...- 60°C і нижче.

При цьому майже уся вода в продуктах замерзає, практично повністю припиняються

життєдіяльність мікрофлори і активність ферментів, внаслідок чого продукти придбають здатність до тривалого збереження їх початкової якості за умови, що температура увесь час залишається на такому ж низькому рівні.



У м'ясі міститься близько
72% води і 1%
мінеральних речовин.

Отже, рідка частина
м'яса (м'ясний сік) являє
собою сольовий розчин
білка, що містить
розчинені органічні і
неорганічні речовини.



Для м'ясного соку **кріоскопічна точка** - це температура
від **-0,6 до -1,2°C**.

При заморожуванні м'яса
після досягнення
кріоскопічної точки
починається відморожування
води з м'яса.

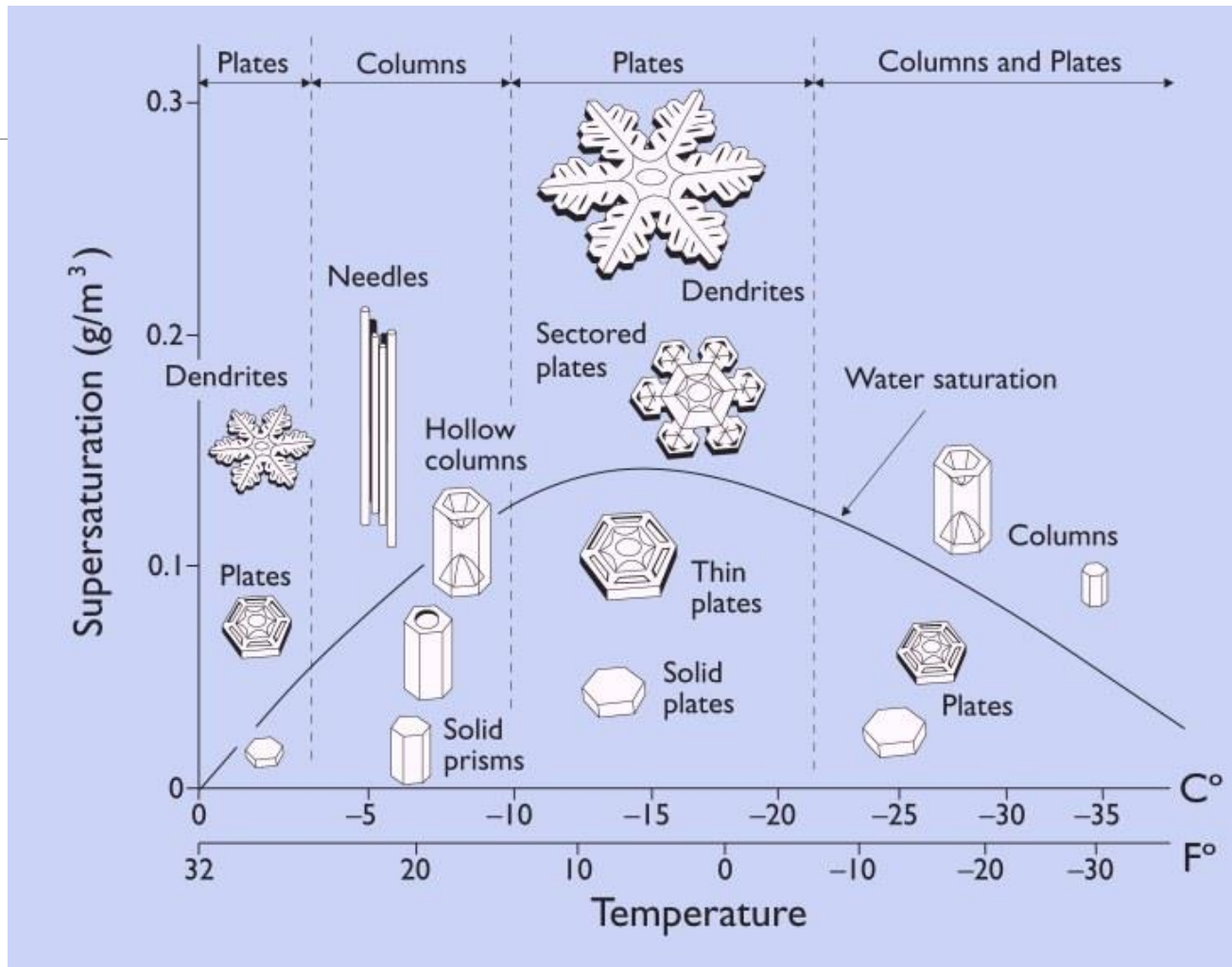


Кількість і величина
кристалів льоду, що
утворюються при
замерзанні рідини, а також
рівномірність розподілу
льоду між клітинами і
міжклітинною речовиною і
по товщині продукту, що
заморожується, залежить
**від швидкості
заморожування.**

Процес кристалоутворення відбувається наступним чином.

При зниженні температури **збільшується в'язкість рідини і зменшується швидкість руху часток.**

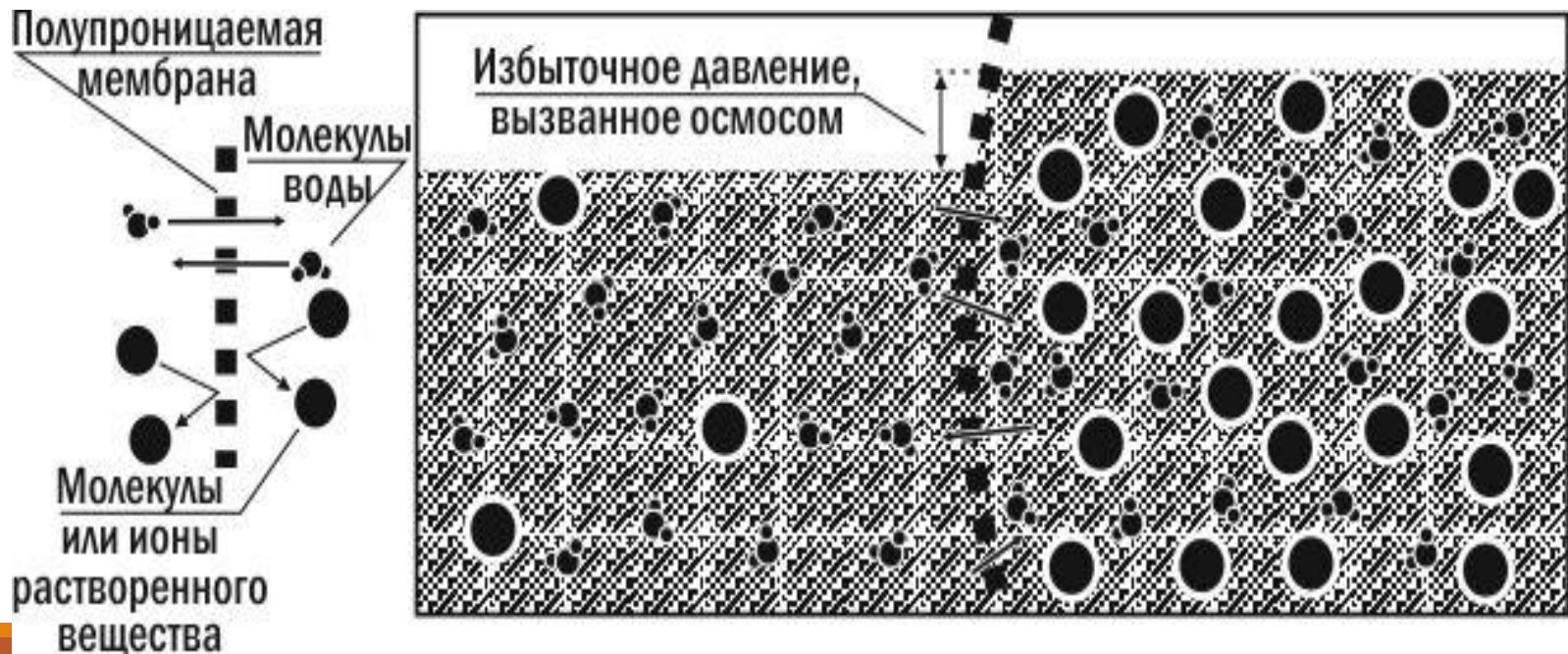
У тих частинах рідини, де досягається переохолодження нижче **кріоскопічної точки**, утворюються зародки кристалів. Це перша фаза кристалоутворення.





У цей момент температура переохолодженої рідини підвищується й утворення нових зародків стає неможливим. Починається друга фаза кристалотворення - ріст кристалів, що утворились.

При заморожуванні тканин центри кристалізації утворюються раніше в міжклітинному просторі. Як тільки вони утворяться, **концентрація** міжклітинної рідини і її **осмотичний тиск** зростають, вода дифундує з клітини в міжклітинний простір.

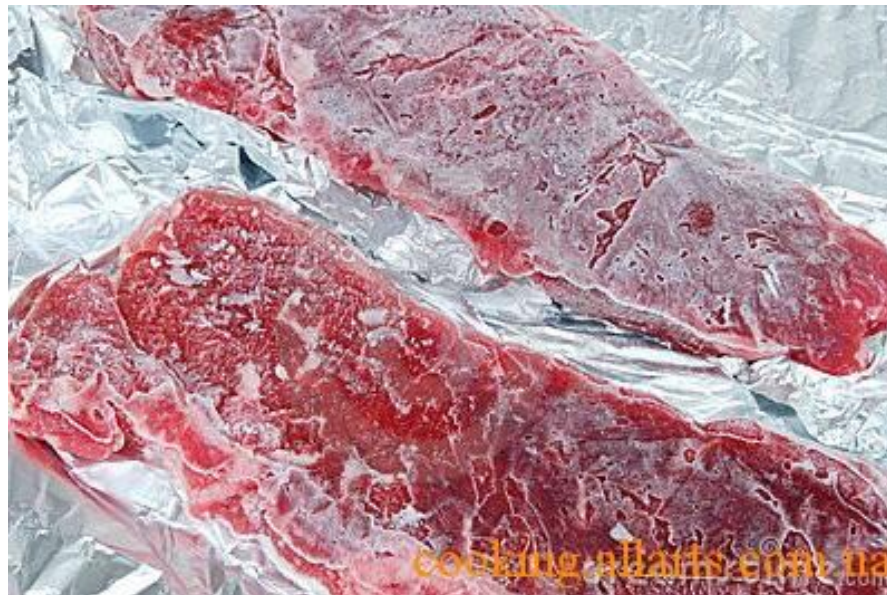


2.Залежність між температурою продукту і кількістю вимерзлої води.



При повільному заморожуванні швидкість теплопроводу відносно невелика, і у міжклітинній речовині утворюються кристали.

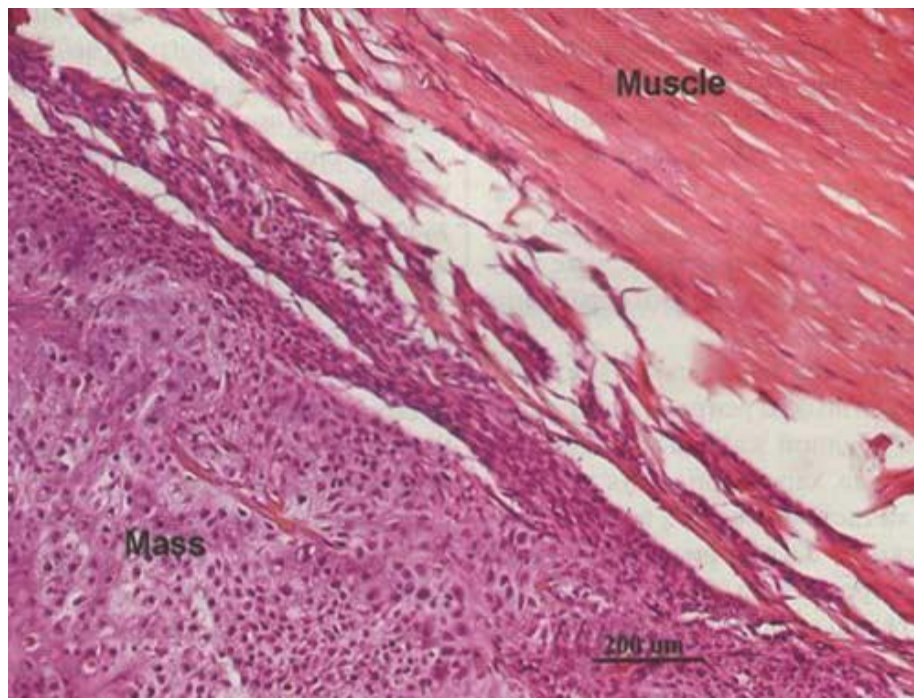
Утворення великих кристалів в практиці
заморожування м'яса - **явище небажане**: своїми гострими ребрами вони руйнують сполучнотканинні прошарки, давлять на клітини, викликаючи їх розтягання.



cooking.allarts.com.ua

При цьому волокна не тільки деформуються, але іноді і розтріпуються. Тканина розпушується. Чим більше порушена структура тканин при заморожуванні, тим більші **втрати м'ясного соку** при розморожуванні м'яса і його наступній механічній обробці (обвалці, жилюванні).

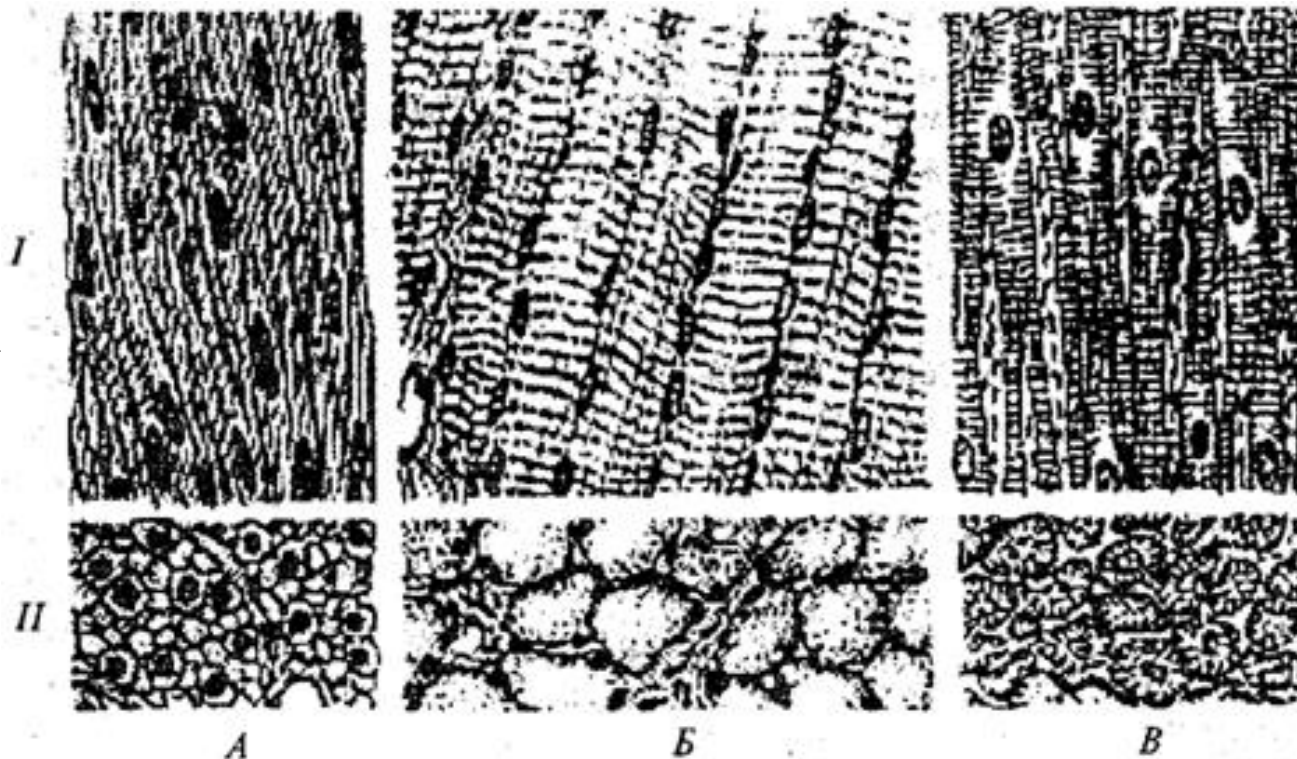




Порівняно швидке заморожування м'яса при температурі $-35 \dots -40^{\circ}\text{C}$ приводить до утворення кристалів льоду не тільки в міжклітинних просторах, але й у клітинах.

Швидкість утворення їх вище швидкості переміщення вологи, тому велика частина рідини виявляється замороженою там, де вона знаходилася до заморожування.





При такому способі заморожування утворюються
дрібні кристали льоду.

У цьому випадку характер розподілу вимороженої
води мало відрізняється від характеру розподілу її у
свіжому м'ясі і майже не спостерігається гістологічних
змін у м'язовій тканині.

При тривалому збереженні тканин у замороженому виді на їхній стан впливають **різні зміни**, що супроводжують кристалізацію льоду.

1) Виморожування води сприяє кращому контактові білкових часток, створює сприятливі умови для взаємодії активних груп білкових макромолекул з утворенням міцних зв'язків між ними.

2) Це позначається на властивостях м'яса: воно гірше перетравлюється, знижується розчинність білків їх гідрофільність.



Вплив температури і швидкості тепловідтоку на розмір і число кристалів.

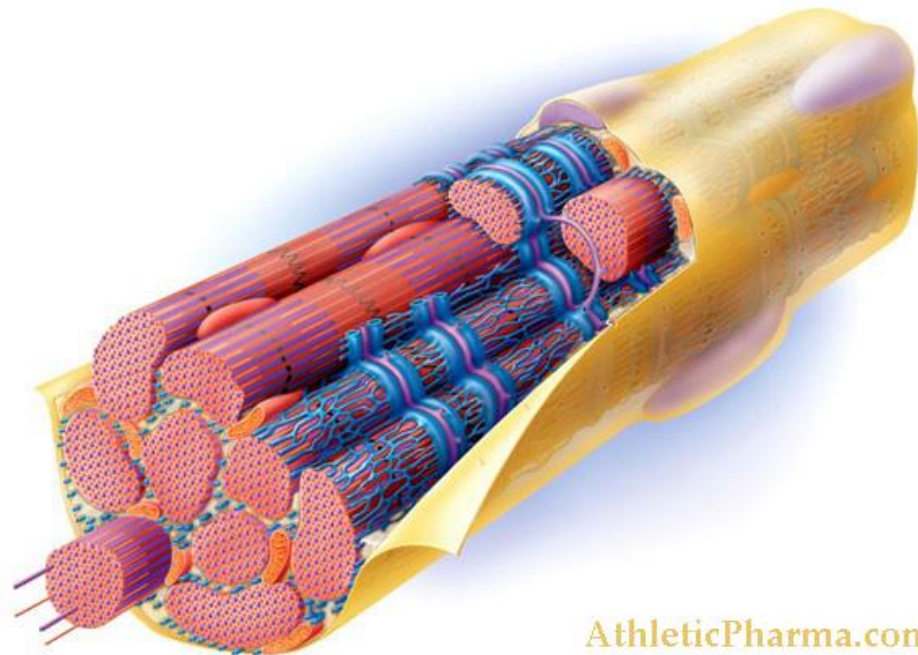
Фізико-хімічні дослідження м'яса показують, що заморожування, зберігання і подальше відтавання викликають **часткове ушкодження м'язових волокон і безповоротні зміни м'язових білків.**

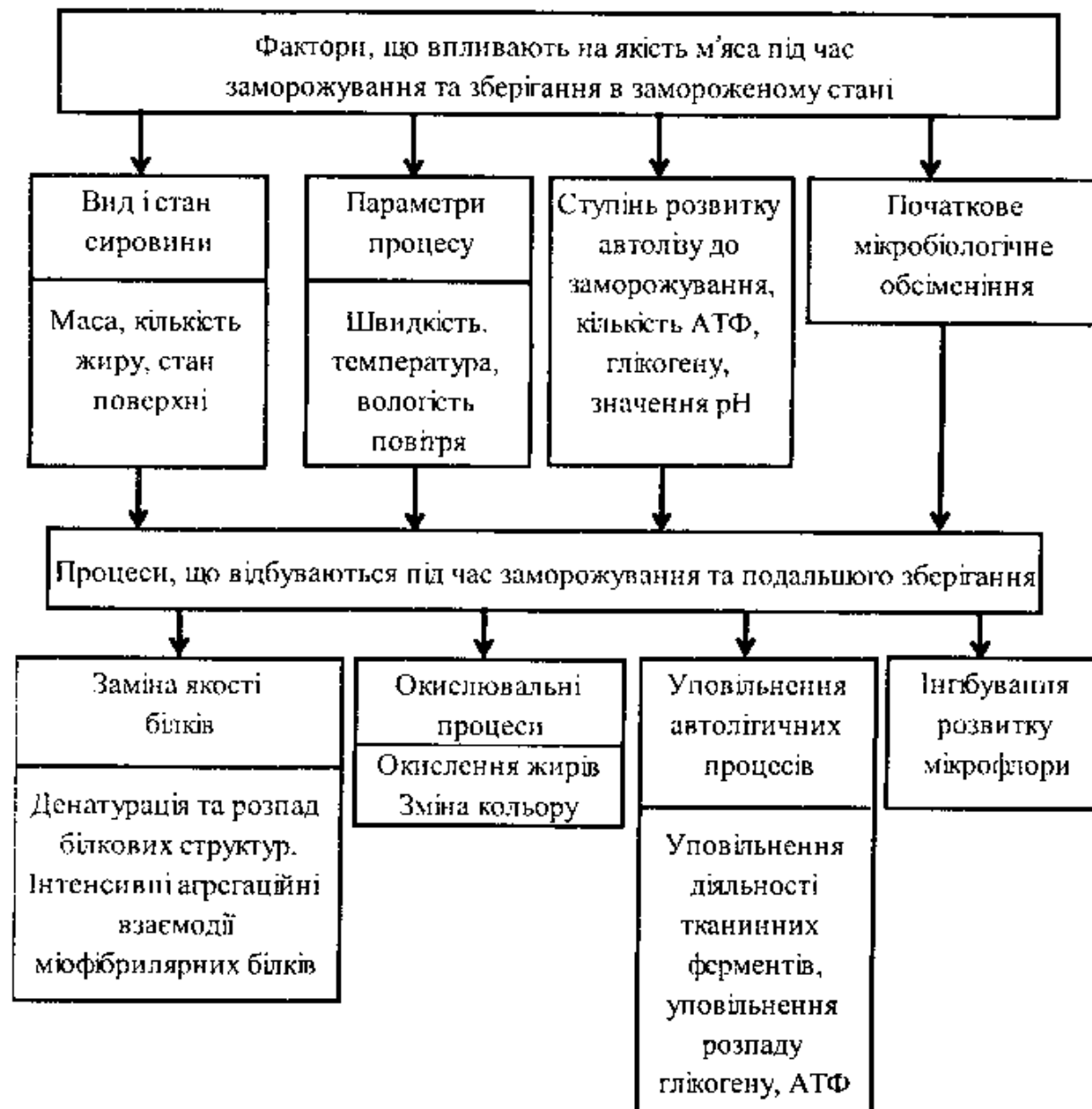


М'язові волокна ушкоджуються кристалами льоду, що утворюються при замерзанні води в міжволоконному просторі і гострими гранями, що розривають їх, або що роздавлюють між сусідніми кристалами льоду, т. б. **механічним шляхом.**



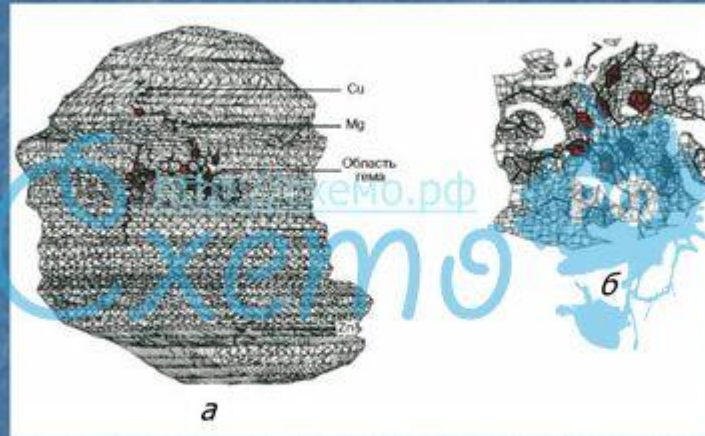
Розмір кристалів льоду, що утворюються, визначається швидкістю заморожування м'яса : при повільному заморожуванні утворюються **великі кристали льоду** і ушкодження м'язових волокон при заморожуванні глибші в порівнянні зі швидким заморожуванням, коли утворюються дрібні кристали льоду.





Біохімічні зміни м'яса під час заморожування та подальшого зберігання.

Цитохромоксидаза



Схематическое изображение цитохромоксидазы с разрешением 0,5 нм (а) и ее активного центра с разрешением 2,8 нм (б)

Після заморожування і подальшого відтавання в м'ясі помітно активізуються **м'язові ферменти**. У декілька разів збільшується активність **цитохромоксидази**. Збільшення активності м'язових ферментів як наслідок руйнування клітин при заморожуванні м'яса є настільки характерним, що за величиною **активності цитохромоксидази** можна точно визначити, було м'ясо раніше замороженим або ні.

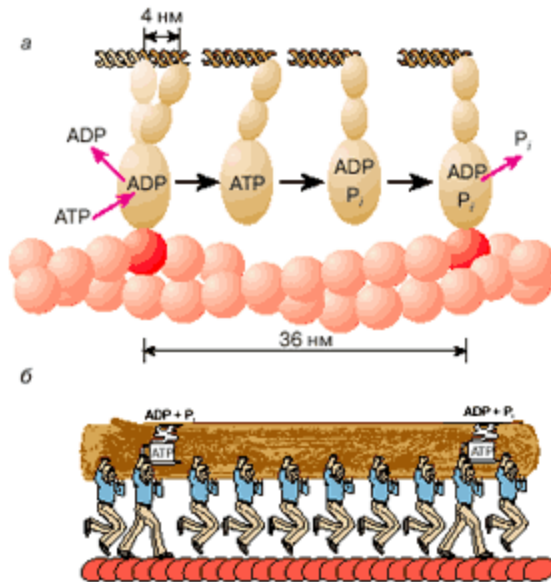
В результаті заморожування і низькотемпературного зберігання ($-10...-15^{\circ}\text{C}$) відбувається:

- відмирання мікроорганізмів,
- змінюється стан морфологічної структури м'яса і його колоїдних систем,
- інгібуються біохімічні процеси.

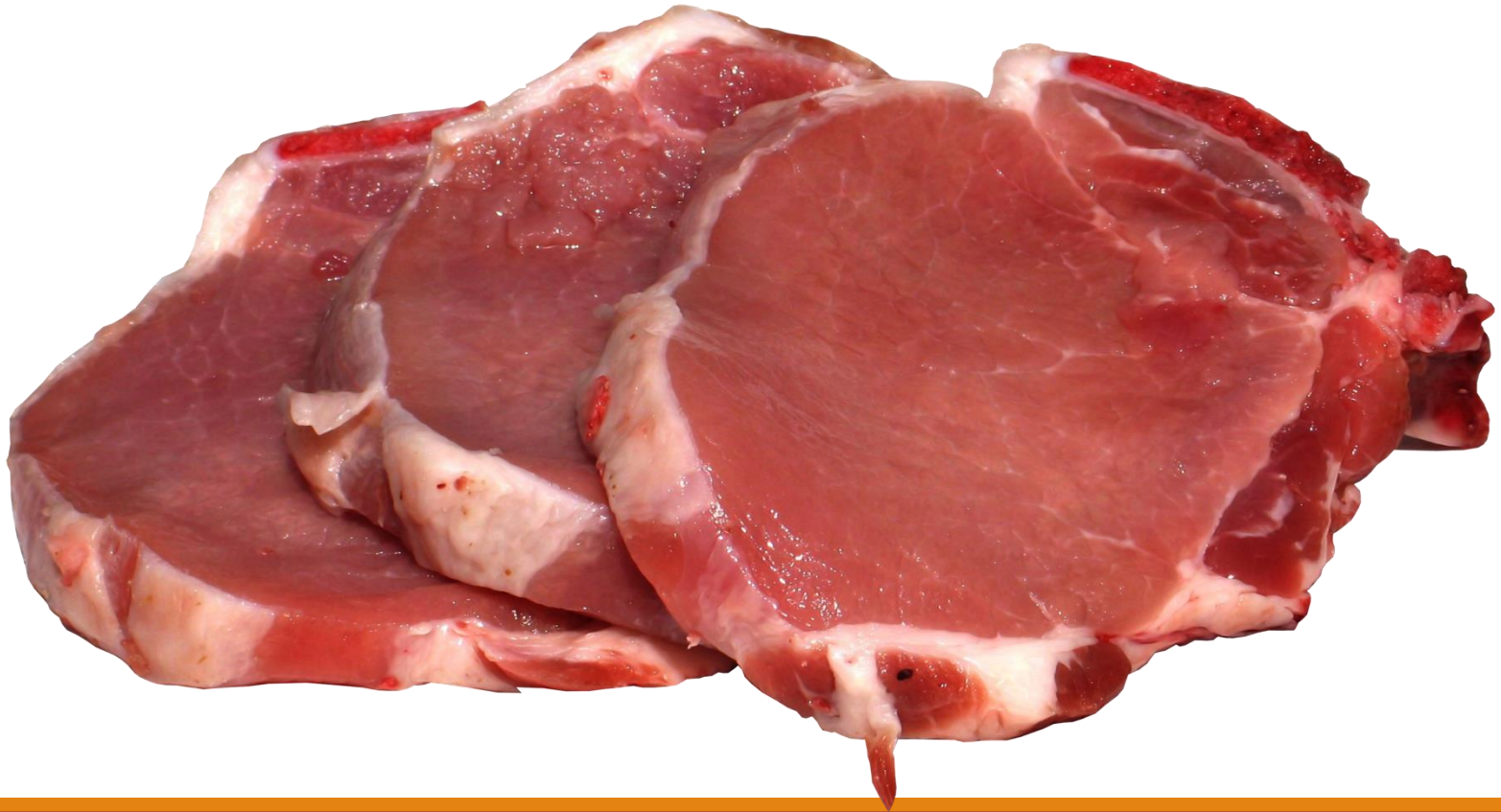
При цьому чим **нижча швидкість і температура заморожування**, тим в більшому ступеню змінюється якість сировини, яка використовується, при наступному розморожуванні.

Внаслідок вимерзання води і кристалоутворення в м'ясі відбувається:

- перерозподіл води між структурними елементами;
- порушення цілісності м'язових волокон;
- часткова агрегація і денатурація м'язових білків;
- зниження їх розчинності (міозин);
- розрихлення сполучнотканинних утворень.



Все це призводить до зниження величини **водозв'язуючої здатності**, погіршення смаку і консистенції м'яса, значних втрат м'ясного соку після його розморожування.



3.Розмороження як процес зворотній розморожуванню.



Розморожування є заключною стадією технологічного процесу холодильної обробки м'яса. При цьому продукт набуває температури, близької до **кріоскопічної**, що забезпечує оптимальні умови для його подальшої переробки. Розморожування м'яса використовують при виробництві ковбас, консервів та напівфабрикатів.

На **якість розморожених харчових продуктів** впливають їх властивості на момент заморожування, **швидкість** заморожування, **температура** і **тривалість зберігання**.

Розморожування здійснюють у таких умовах, які дозволяють одержати м'ясо, що за характеристикою наближається до **охолодженого**.

Проте внаслідок незворотних змін деяких **якісних показників** в період заморожування і наступного зберігання вихідні властивості продукту повністю не відновлюються, навіть при оптимальних умовах розморожування.



Зміни складу та властивостей продукту при розморожуванні можуть бути обумовлені

**виділенням тканинної рідини,
втратою розчинних білків,
вітамінів,**

**азотистих екстрактивних речовин,
мінеральних солей,**

а також розвитком біохімічних та мікробіологічних процесів.



Це призводить до
зниження харчової
цінності продукту,
погіршуються його
соковитість, смак і
аромат.

Відділення м'ясного соку в процесі розморожування м'яса зумовлене

- зниженням рівня гідратації м'язових білків,
- змінами початкового співвідношення у розподіленні води між структурними елементами тканин,
- пошкодженням клітинних оболонок в період заморожування і зберігання.

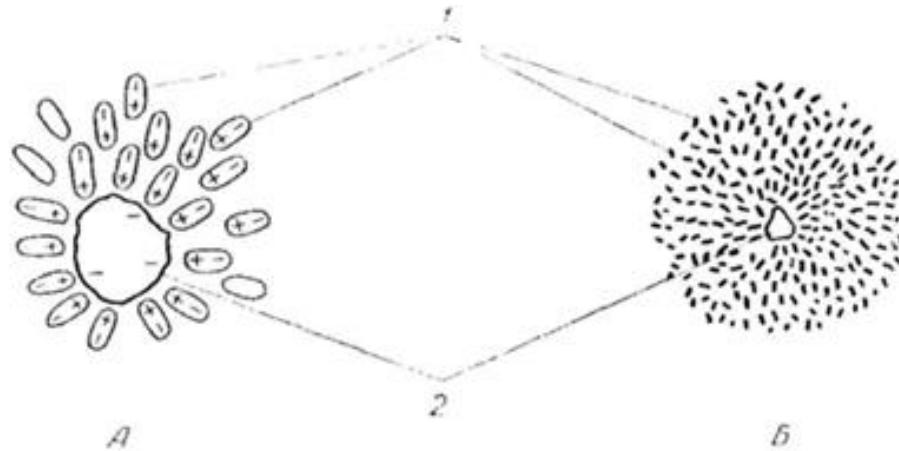


Рис. Гидратационная оболочка белковой молекулы.

Диполи воды (1) образуют гидратационную оболочку вокруг молекулы белка (2); А — крупная частица белка (глобулин) имеет небольшую гидратационную оболочку; Б — мелкая частица белка (альбумин) имеет большую гидратационную оболочку.

Втрати м'ясного соку збільшуються при повільному розморожуванні і тривалому зберіганні м'яса при підвищених температурах.



Залежно від вказаних факторів і умов розморожування втрати м'ясного соку складають

0,5-3,0%.

Виділення м'ясного соку, випаровування води або поглинання вологи, що конденсується на поверхні продукту під час розморожування, **визначають рівень змін його маси.**



Як теплоносії використовують **повітря, воду або різні розчини, пару**.
У промисловій практиці найбільш поширений спосіб розморожування
м'яса у **повітряному середовищі**.

Розморожування вважають закінченим при досягненні у товщині
стегна температури 1 °С.



Залежно від температури і швидкості руху повітря розрізняють
повільне, прискорене і швидке розморожування.

При **повільному розморожуванні** температуру повітря спочатку підтримують на рівні від **-5 до 0°C**, потім її поступово підвищують до **8°C**. Розморожування відбувається протягом **3-5 діб** при відносній вологості повітря **90-95%** та швидкості його руху **0,2-0,3 м/с**.



Прискорене розморожування проводять

- при температурі повітря **16-20°C**,
- відносній вологості **90-95%** і
- швидкості руху повітря **0,2-0,5 м/с**.

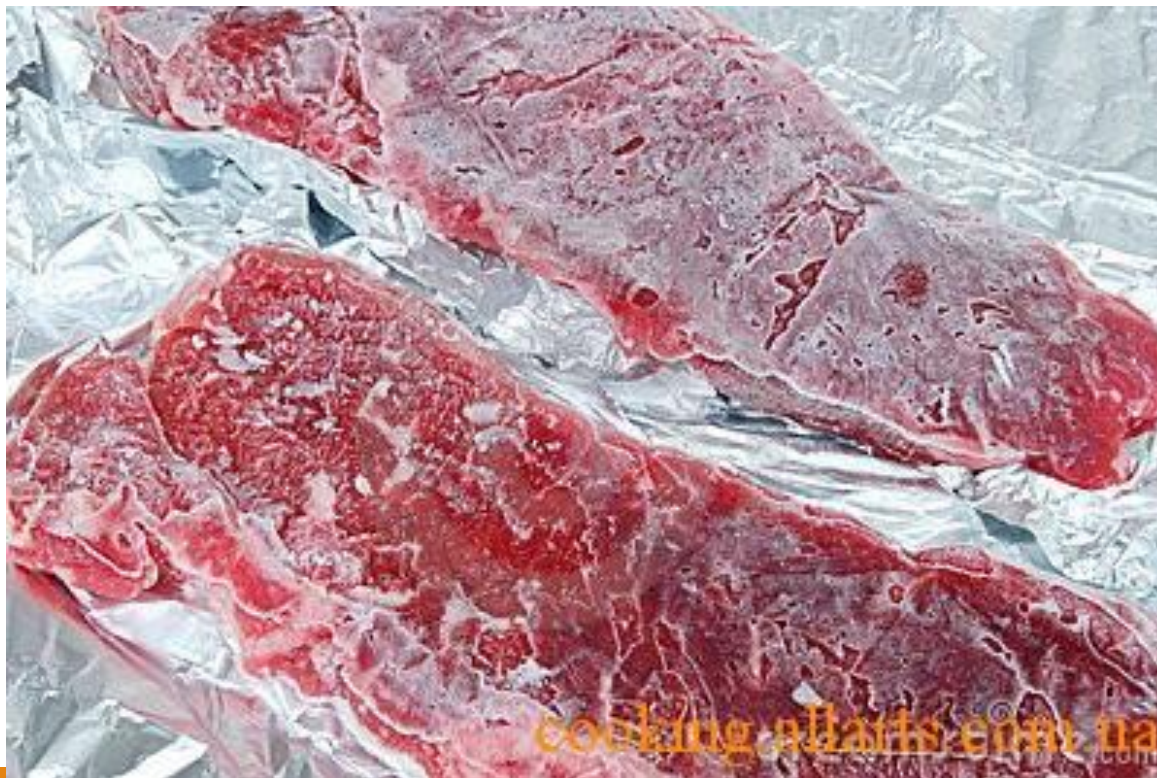
Тривалість процесу складає для яловичих напівтуш **24-30 год.**, свинячих - **19-24 год.**, баранячих туш - **14-18 год.**



Швидке розморожування здійснюють за допомогою повітряного
душу з температурою **20°C**,
швидкості його руху в районі стегна **1 -2 м/с** та
відносній вологості **85-90%**.

Тривалість розморожування складає

для яловичих напівтуш **12-16 год.**,
свинячих напівтуш - **10-13 год.**,
баранячих туш - **7-10 год.**



Швидкість розморожування при високій якості продукту можна збільшити, використовуючи спеціальні установки, які мають кондиціонуючі пристрої для регулювання температури, вологості та швидкості руху повітря відповідно з особливостями об'єкту розморожування.





Розморожування м'яса у пароповітряному середовищі при **20-25°C** дозволяє скоротити тривалість процесу для яловичих туш до **10-15 год.**

В період розморожування маса напівтуш збільшується на **3-4%**, але при розділенні їх для виробництва ковбас втрачається до **5-8%** м'ясного соку.

Використання рідких середовищ для розморожування м'яса сприяє теплообміну.

Розморожування здійснюють у **холодній або теплій воді** шляхом занурення або зрошення.

При цьому контакт продукту з рідиною призводить до вимивання із поверхневих шарів розчинних компонентів і поглинання ним води.

Використання пакувальних матеріалів, які запобігають безпосередньому контакту м'яса з рідиною, дає можливість ліквідувати названі недоліки.



Перспективним способом є розморожування продукту у середовищі насиченої пари при зниженому тиску.

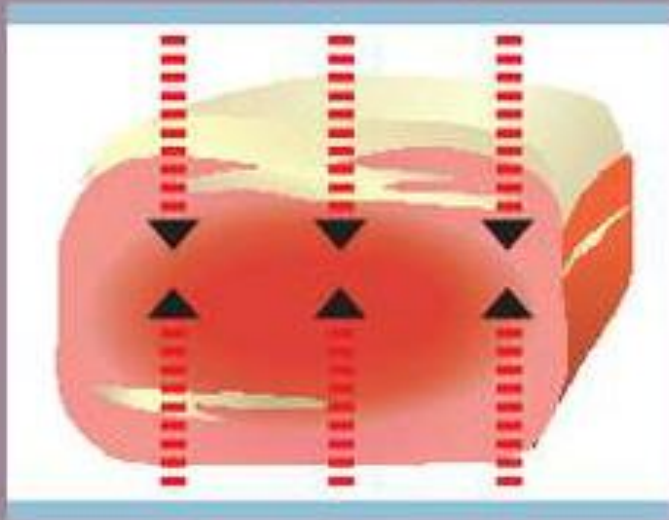
Розморожування в умовах вакууму суттєво скорочує тривалість процесу і забезпечує високі санітарно-гігієнічні умови.

При розморожуванні м'ясних блоків і відрубів доцільно вести нагрівання при температурі **17-19°C** і тиску **1,94-2,20 кПа**.



Високу якість продукту забезпечує **надвисокочастотне нагрівання**.
Використання енергії електромагнітного поля **НВЧ** дозволяє
значно скоротити тривалість розморожування,
поліпшити санітарно-гігієнічний стан,
не допустити втрат маси і розчинних компонентів.

Uniform heating by high frequency



Uneven heating by microwaves

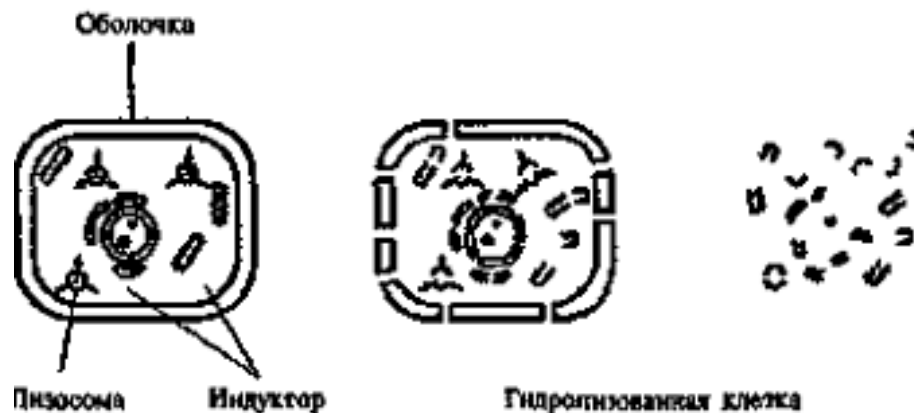


Розморожене м'ясо можна зберігати при температурі від 0 до -1°C протягом 3-5 діб. Проте необхідно пам'ятати, що волога поверхня і виділюваний м'ясний сік створюють **сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів**, у тому числі і гнильних.



Тому термін зберігання розмороженого м'яса в конкретних умовах має бути мінімальним.

4. Ступінь зворотності властивостей м'яса при розмороженні та його залежність від змін при замороженні і зберіганні.



Мета розморожування — одержати м'ясо з властивостями, близькими до тих, які воно мало до заморожування.

Повного відновлення первинних властивостей м'яса **не відбувається**, оскільки в період заморожування і подальшого зберігання в ньому відбуваються деякі незворотні зміни у зв'язку з розвитком автолітичних та інших процесів.

Під час розморожування продовжується автоліз тканин. Швидкість автолітичних змін у тканинах розмороженого м'яса дещо вищий, ніж у тканинах охолодженого.



Під час відтанення м'яса виділяється м'ясний сік, що містить різні **азотисті та безазотисті екстрактні речовини, розчинні білки, мінеральні речовини, вітаміни.**

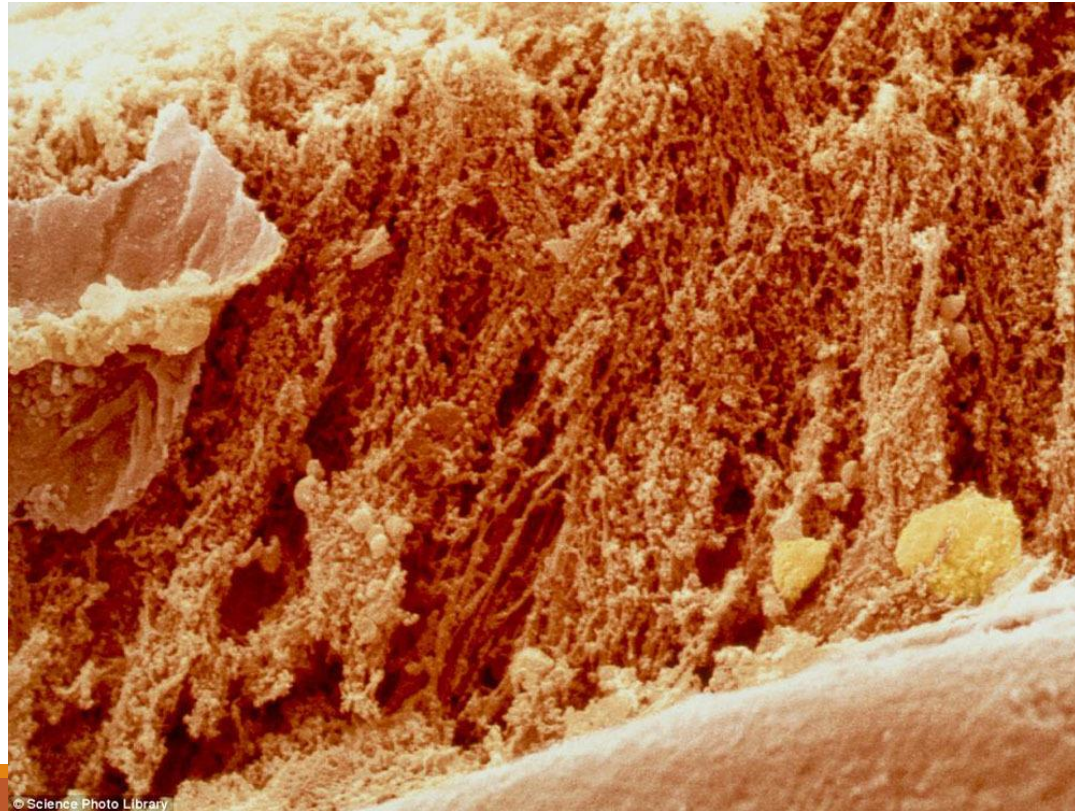
Утримування клітинної рідини значною мірою залежить від здатності м'язових білків зв'язувати вільну рідину і, насамперед, від стану міофібрилярних білків.

Навіть **невеликі зміни** при денатурації в міофібрилах і дегідратація міозину і актину під час заморожування та зберігання в замороженому стані **зумовлюють значне зменшення водоутримувальної здатності м'язових волокон.**



Величина втрат соку і вміст у ньому білків під час розморожування м'яса залежать:

- від глибини автолізу до заморожування,
- умов заморожування
- тривалості зберігання в мороженому стані,
- гідрофільних властивостей тканин,
- ступеня руйнування структури тканини,
- від способу розморожування.

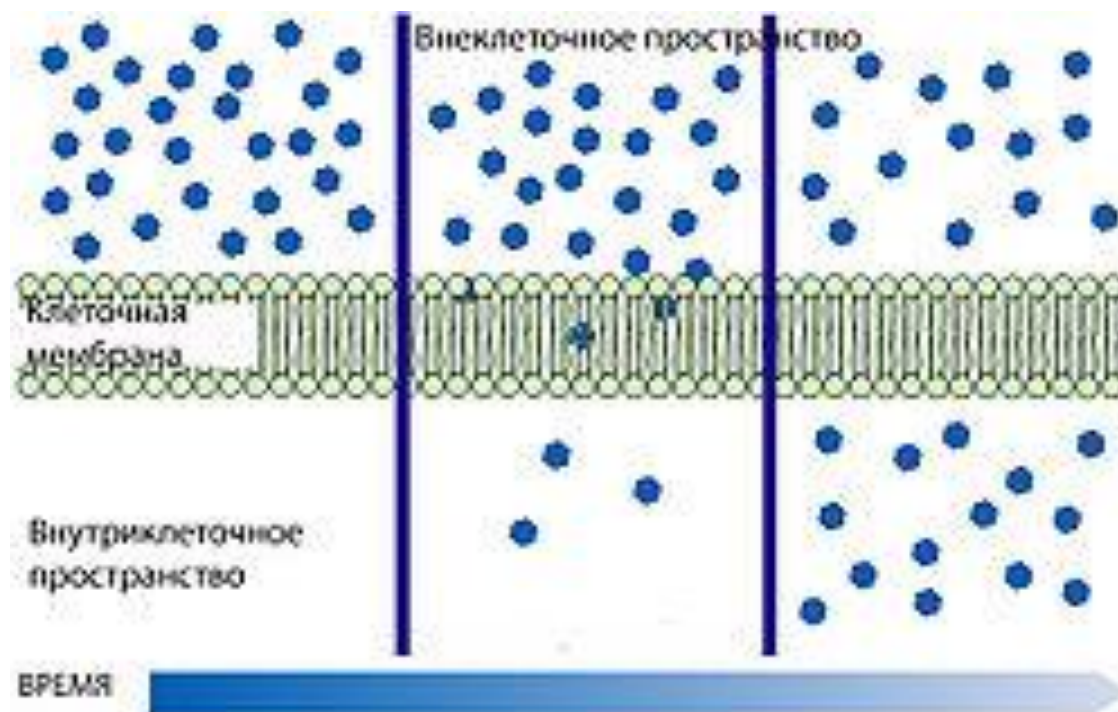


Зміни гідрофільних властивостей пов'язані з

- інтенсивними агрегаційними змінами,
- денатурацією під час заморожування, зберігання м'яса в замороженому стані та розморожуванні,
- а також зі змінами в процесі автолізу.

Під час зберігання м'яса в мороженому стані змінюється **кислотність його середовища**. Інтервал між рН середовища та ізоелектричною точкою білків зменшується, гідрофільність білків знижується.





У м'язах, що не піддавалися автолізу перед заморожуванням, руйнування клітинних структур менш інтенсивне і втрати м'ясного соку під час розморожування нижчі.

Значна частина втрат м'ясного соку відбувається не через механічне руйнування клітин, а через дифузії клітинної вологи в міжклітинний простір під час повільного заморожування.

На якість м'яса негативно впливає коливання температури при його зберіганні в замороженому стані **(особливо повторне заморожування розмороженого м'яса)**, що призводить до збільшення ушкодження тканин і, отже, збільшення втрат білків і різних екстрактивних речовин.

Тому двічі заморожене м'ясо після повторного розморожування може бути позбавлене значної кількості **розчинних поживних речовин** і **мати знижені смакові якості**.

