

ЛЕКЦІЯ 2-3

ТЕМА: ВПЛИВ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ

Питання:

1. Характеристика анабіозу
2. Руйнівна дія низьких температур
3. Стійкість біологічних об'єктів до дії низьких температур
4. Вплив швидкості зниження температури на біологічні об'єкти
5. Стан і роль води в біологічних об'єктах
6. Вплив низьких температур на мікроорганізми
7. Види холодильної обробки харчових продуктів

1. Характеристика анабіозу

Анабіоз являє собою стан організму, при якому життєві процеси різко гальмуються, що сприяє виживанню його у несприятливих температурних та вологісних умовах.

Анабіоз спостерігається при різкому погіршенні умов існування (низька температура, відсутність вологи та ін.). При настанні сприятливих умов життя відбувається відновлення нормального рівня життєвих процесів.

За допомогою низьких температур можна викликати анабіоз та :

- призупинити життя організму в цілому у разі ослабленого функціонування його органів і клітин;
- призупинити роботу і організму в цілому, так і окремих органів в клітинах яких можливе протікання окремих процесів;
- призупинити роботу і організму в цілому, і його органів, а також повністю пригнітити процеси обміну у клітинах.

Існування живих об'єктів забезпечується діяльністю двох основних систем організму – *енергетичної та системою регуляції*.

У клітинах (мітохондріях та ін.) безперервно відбуваються біохімічні процеси, при яких виділяється енергія. Вона засвоюється клітинами та використовується для життєдіяльності.

Рівень життєдіяльності по відношенню до організму в цілому здійснюється в результаті функціонування нервової системи, залоз внутрішньої секреції та ін. Саме ці регулюючі механізми об'єднують клітини, тканини і органи у єдине ціле.

Отже, **анабіоз у простих організмів** (бактерії, насіння, одноклітинні та ін.) характеризується припиненням енергетичних процесів – обміну речовин, здатності до проростання, регенерація, розмноження, рух, подразливість, тобто є істинним клітинним анабіозом.

При **анабіозі організму вищих тварин** слід урахувати пригнічення регулюючого механізму (нервового та ендокринного), роботу систем гуморального зв'язку і транспорту та рівень загальних енергозатрат, які забезпечуються диханням та кровообігом.

Таким чином, **анабіоз по відношенню до клітин** характеризується частковим або повним припиненням обміну речовин у клітинах та тканинах.

Анабіоз по відношенню до організму в цілому є перш за все пригніченням діяльності регулюючої системи.

При охолодженні вищих тварин спостерігається анабіоз організму в цілому. Він не переходить у клітинний та закінчується смертю порівняно через невеликий час.

Тривале збереження живих систем у анабіозі можливе лише при майже повному припиненні у клітинах обмінних процесів, чого можна досягти при глибокому охолодженні або висушуванні або при сумісній дії обох факторів.

Дійсного анабіозу клітин можна досягти коли у лід перейде вся вільна волога у тканинах, затвердіє вуглекислота (-78,5 град.С) та кисень (-218,7 град. С), що виключає можливість протікання обмінних процесів.

2. Руйнівна дія низьких температур

При холодильній обробці низькі температури надають шкідливу дію, як на живі біологічні об'єкти (плоди, овочі і мікроорганізми), так і інші клітинні структури харчових продуктів.

Температурний шок спостерігається, головним чином, у живих біологічних об'єктів.

Його суть полягає в тому, що при зниженні температури порушується динамічна рівновага в біохімічних процесах внаслідок неоднакового зниження ферментативної активності різних ферментів. З цієї причини в клітинах відбувається накопичення проміжних метаболітів, що може викликати загибель біологічного об'єкта.

Явище температурного шоку в чистому вигляді спостерігається при охолодженні біологічного об'єкта до температури вище криоскопічної.

При зниженні температури нижче криоскопічної починається фазовий перехід води харчового продукту з утворенням кристалів льоду. Процес льодоутворення починається після деякого переохолодження води і спочатку в міжклітинній рідині.

Випадання кристалів водного льоду викликає зростання концентрації розчинених речовин у міжклітинній рідині і, отже, викликає рух води з клітин до кристалів міжклітинного простору, що зневоднює клітини і збільшує кількість міжклітинного льоду.

Зменшення розмірів клітини через зневоднення призводить до її стиснення і утворення складок в оболонці. Це може призвести до механічного пошкодження цитоплазми і навіть до зіткнення її протилежних шарів.

При відтаванні і надходженні в клітину води, часто відбувається відрив цитоплазми від оболонки.

Якщо має місце і внутрішньоклітинне льодоутворення, то цитоплазма відчуває шкідливу дію, перебуваючи між кристалами вакуолі і міжклітинними кристалами.

Ще одним механізмом пошкодження клітини при фазовому переході води є денатурація протоплазматичних білків, викликана зневодненням клітини.

Така денатурація не завжди носить оборотний характер. При зближенні цитоплазми різних ділянок та при утворенні складок, між молекулами білка цих ділянок виникають водневі і дисульфідні зв'язки, які при розморожуванні і обводнюванні клітини не дозволяють відновити вихідну структуру білкових молекул і робить денатурацію незворотною.

Під **осмотичним шоком** розуміється група явищ осмотичного характеру, що виникає при заморожуванні харчових продуктів.

Головним чинником ушкоджувальної дії тут є підвищення концентрації електролітів у некрижаній клітинній рідині.

Шкідлива дія зводиться, насамперед, до денатурації білків. Розвиток денатурації залежить не тільки від концентрації, але і рН електролітів. Так як різні солі при одній і тій температурі володіють різною розчинністю, то при зниженні температури сольовий склад внутрішньоклітинної рідини змінюється, що призводить до зміни рН і негативно діє на клітину.

Швидкість зниження температури при охолодженні і заморожуванні харчових продуктів має істотний вплив на ушкоджувальні фактори.

Основним засобом запобігання температурному шоку є повільне зниження температури об'єкту. Це дозволяє уникнути дисбалансу в реакціях обміну речовин і дає можливість біологічним об'єктам адаптуватися стосовно до нового температурному режиму.

Вплив шкідливої дії кристалоутворення при заморожуванні води у харчовому продукті, і вплив осмотичного шоку навпроти зменшується при швидкому і надшвидкому зниженні температури.

3. Стійкість біологічних об'єктів до дії низьких температур

Стійкість біологічних об'єктів до дії низьких температур у значній мірі обумовлена підвищенням стійкості до них самих клітин та залежить від реакції нуклеїнових кислот, білків та білкових компонентів, а також від фізіологічних особливостей кожного етапу життєвого циклу організму та змін фізики-хімічного стану протоплазми і вмісту в них води.

Здатність рослин у природних умовах витримувати заморожування є наслідком складної та тривалої підготовки до зимового періоду, яка складається з 3 етапів:

- період спокою;
- перша фаза загартовування;
- друга фаза загартовування.

У період спокою спостерігається зупинка росту організму, значно знижується інтенсивність фізіологічних процесів, відбувається накопичення поживних речовин у вигляді крохмалю, жирів, ліпопротеїдів та білків.

• **Перша фаза загартовування:**

- накопичення низькомолекулярних цукрів у результаті гідролізу крохмалю, що веде до підвищення осмотичного тиску клітинного соку;
- збільшення гідрофільності колоїдів протоплазми, що веде до зміни співвідношення вільної та зв'язаної води, а саме до збільшення адсорбційної і осмотичної зв'язаної води протоплазми;
- підвищується в'язкість протоплазми;
- збільшення ступеню проникненості протоплазми для води, що виключає можливість руйнівного льодоутворення в середині клітини.

Друга фаза загартовування характеризується повільним зниженням температури та тривалою витримкою при температурах $-2 \dots -5$ град С. При цьому відбувається:

- позаклітинне виморожування більшої частини води;
- підвищується стійкість до механічних деформацій та сильного зневоднення;
- лід у середині клітин не утворюється, навіть при зверх низьких температурах та рослина може стати невимерзаючою.

До речовин, які захищають біологічні об'єкти від руйнівної дії заморожування відносять:

- цукри
- багатоатомні спирти, перш за все гліцерин
- полівінілпирролідон, поліетиленоксид
- солі мінеральних і органічних кислот.

Захисні речовини перешкоджають утворенню неприродних міжмолекулярних зв'язків.

Цукри накопичуються у протоплазмі, осмотично утримують воду та протидіють дегідратуючому ефекту заморожування, внаслідок чого

сульфгідрильні групи сусідніх молекул білку утримуються на відстані, яка достатня для запобігання реакцій між ними.

У цьому випадку для досягнення ступеню дегідратації, яка призводить до зближення молекул білку з утворенням дисульфідного зв'язку необхідна більш низька температура заморожування.

Захисні речовини послаблюють також механічний вплив льодоутворення, утворюючи попереду льодового фронту концентрований незамерзаючий шар, який виключає безпосередній контакт льоду з найбільш чутливим поверхневим шаром протоплазми.

В присутності захисних речовин знижується швидкість кристалізації та зменшуються розміри утворених кристалів льоду.

Захисні речовини позитивно впливають на процес обводнення рослинної клітини при відтаненні.

5. Вплив швидкості зниження температури на біологічні об'єкти

В залежності від швидкості зниження температури охолодження буває повільним, швидким та надшвидким.

Багато біологічних об'єктів та органічних речовин краще зберігаються при швидкому та надшвидкому заморожування;

В значній мірі зберігається активність ферментів при швидкому та надшвидкому заморожуванні;

при повільному зниженні температури у живих клітинах можуть відбуватися катаболічні реакції, в результаті яких утворюються токсичні продукти;

При швидкому зниженні температури сольові розчини менше впливають на структуру білку.

Чим швидше заморожування тим краще зберігається морфологічна структура біологічних об'єктів.

При швидкому і надшвидкому заморожуванні може спостерігатися явище ***віттрифікації води***. У цьому випадку лід, що утворюється в протоплазмі клітин, має скловидний стан, і при швидкому відтаванні харчового продукту пошкодження клітин практично відсутні.

Вітрифікація - це глибоке переохолодження речовини, при якому відсутня кристалічна решітка.

Умовою вітрифікації для живих біологічних об'єктів є часткове зневоднення клітин в концентрованому розчині захисних речовин (цукор, сіль), з метою підвищення в'язкості протоплазми і надвисока швидкість охолодження.

Численна група об'єктів тваринного походження не переносить швидкого і надшвидкого охолодження зважаючи високої чутливості до температурного шоку.

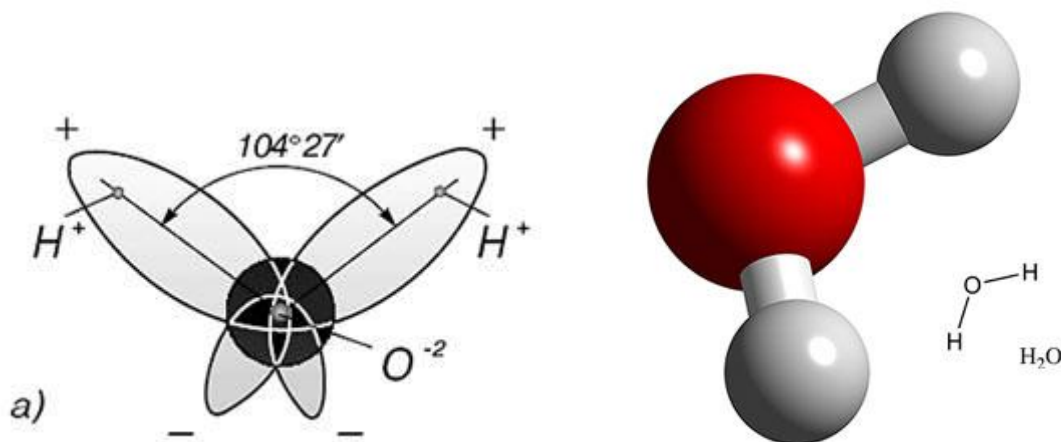
Життєздатність таких клітин можна зберегти шляхом ступеневого заморожування. Спочатку повільна стадія до температури -30°C , а потім швидка – до більш низьких температур.

Використання захисних речовин (гліцерину) підвищує стійкість живих організмів до дії низьких температур та дає можливість застосовувати більш швидкі темпи заморожування.

6. Стан і роль води в біологічних об'єктах

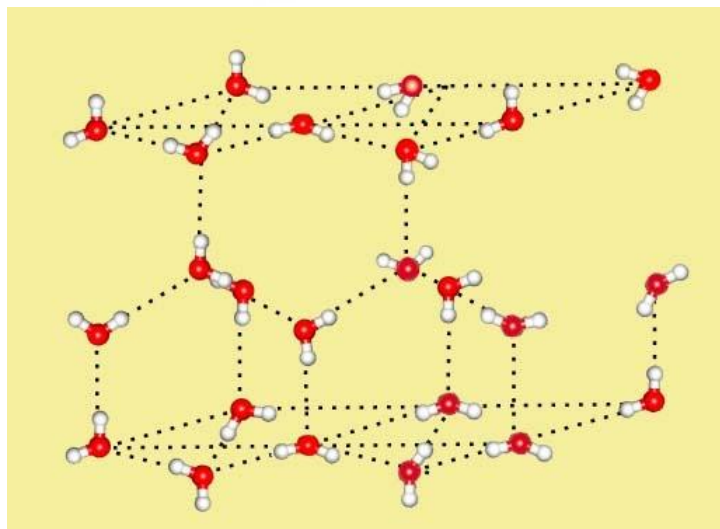
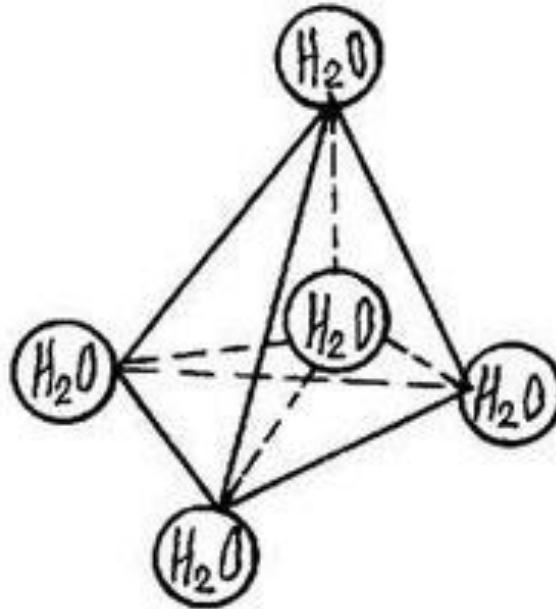
Вода не тільки є найбільш істотним, у кількісному вираженні, компонентом харчових продуктів, але має важливі і різноманітні функції.

Вона служить розчинником багатьох речовин, бере участь у біохімічних реакціях, осмотичних і дифузійних явищах, входить структурно до колоїдних систем, створює умови розвитку мікроорганізмів, активізує діяльність ферментів і т.д.



Властивості води незвичайні і пов'язані головним чином з малим розміром молекул води, з їх полярністю (молекули води є диполями) і здатністю єднатися один з одним водневими зв'язками.

Водневі зв'язки є слабшими, ніж звичайні для розчинів іонні, але в біохімічних процесах відіграють винятково важливу роль.



Кристали водного льоду являють собою тетраедр, у вершинах якого розташовані атоми кисню, а на середині ребра атоми водню.

Ця структура, звичайна для заморожених харчових продуктів, є однією з 9 можливих форм.

Імовірність виникнення тієї чи іншої форми залежить від тиску і температури при льодоутворенні.

Властивості води

- Вода здатна злипатися сама з собою (когезія) та з іншими речовинами (адгезія). Поверхневий натяг води обумовлюється когезією, тобто тим, що її молекули зчеплені між собою за допомогою водневих зв'язків.
- Вода є розчинником. У воді розчиняється більше речовин, ніж у будь-який інший рідини.
- Вода має високу теплопровідність, теплоємність і теплоту плавлення, що обумовлює великі теплові потоки, що відводяться холодильним обладнанням при охолодженні і заморожуванні харчових продуктів.
- Вода має високу температуру кипіння (99,98°).
- Вода, випаровуючись, сприяє охолодженню тіл і поверхонь.
- Вода має високу температуру замерзання. Температура початку фазового переходу води продукту в лід називається кріоскопічною температурою, її величина залежить від виду та стану харчового продукту і в більшості випадків знаходиться в діапазоні температур від 0 ° С до -2 ° С.
- Її густина максимальна при 4°С. При охолодженні від 4 до 0°С вода розширюється. Щільність льоду нижче густини рідкої води.
- Вода і продукти її дисоціації (водневі і гідроксильні іони) визначають структуру і біологічні властивості білків, нуклеїнових кислот, ліпідів та інших елементів клітинних структур.
- Вода є постійним середовищем, в якому протікають всі біохімічні процеси в клітинах, вона активно бере участь у реакціях обміну.
- Вода бере участь в осмотичних процесах. Осмос - це перехід молекул розчинника з розчину з більш високою концентрацією в розчин з більш низькою через напівпроникну мембрану. Більш концентрований розчин називається гіпертонічним, менш концентрований розчин - гіпотонічним. При рівності концентрацій розчини називаються ізотонічними. Осмос можна розглядати як особливий вид дифузії, при якій рівновага досягається тільки за рахунок переміщення молекул розчинника .

Продукти з високим вмістом води нестійкі при зберіганні. Причина полягає в наступному:

- - в них швидко розвиваються мікроорганізми,
- - прискорюються хімічні, біохімічні та інші процеси;
- - при зберіганні таких продуктів відбуваються значні втрати води від випаровування, в результаті вони в'януть, зморщуються і їх якість різко знижується.

Продукти з малим вмістом води зберігаються краще.

Майже вся вода харчових продуктів знаходиться у зв'язаному стані, але утримується тканинами з різною силою.

Хімічний зв'язок

обумовлений іонними або молекулярними взаємодіями в точних кількісних співвідношеннях. Волога видалається з продукту проколюванням або в результаті хімічних реакцій. Хімічно - зв'язана вода за своїми властивостями різко відрізняється від вільної.

Фізико-хімічний зв'язок

обумовлений адсорбцією вологи в гідратних оболонках або осмотичним утримуванням в клітинах в невизначених співвідношеннях. Волога видалається випаровуванням, адсорбцією (адсорбційна) або внаслідок різниці концентрацій (осмотична). Адсорбційна волога може мати інші, ніж вода, властивості і сприяє диспергуванню частинок і пластифікації системи. Осмотична волога викликає набухання тіла і властива початковим дисперсним клітинним структурам.

За домінуванням форми зв'язку вологи продукти можна розділити на ***колоїдні*** (фізико-хімічно зв'язана волога), ***капілярно-пористі*** (фізико-механічно пов'язана волога) і ***колоїдні капілярно-пористі***, мають якості, властиві першим і другим (наприклад, плодоовочеві пюре, м'ясо-рослинні консерви і т. д.).

Різні види зв'язку води харчових продуктів обумовлюють механізм видалення цієї води при їх сушінні. ***Адсорбційно зв'язана*** вода, перш ніж буде видалена з продукту, повинна бути перетворена в пару. ***Осмотично зв'язана*** вода здебільшого переміщується всередині матеріалу у вигляді рідини. ***Капілярна волога*** переміщається при сушінні в матеріалі у вигляді як пари, так і рідини.

Активність води - виражає відношення тиску парів води до тиску водяної пари чистої води при одній і тій же температурі.

Активність води характеризує стан води в харчових продуктах і визначає доступність її для хімічних, фізичних та біологічних реакцій. Звичайно *чим більше води знаходиться в зв'язаних станах, тим менше її активність*. Але навіть зв'язана вода при деяких умовах може володіти відомою активністю. Міцно зв'язана вода не є розчинником для інших сполук, не вступає в реакцію і не служить каталізатором.

За активністю води харчові продукти ділять на три групи:

- свіжі харчові продукти, багаті водою, в яких її активність становить 0,95-1. До них відносяться свіжі овочі, фрукти, соки та ін.;
- перероблені харчові продукти з активністю води 0,9-0,95. До них відносяться хліб, сир, ковбаси та ін.;
- харчові продукти з активністю води до 0,90. До них відносяться сир, вершкове масло, сухі фрукти і овочі, крупа, варення тощо.

6. Вплив низьких температур на мікроорганізми

Розрізняють три групи мікроорганізмів по відношенню до температурних умов:

Термофіли, 20 ...80 ° C

Мезофіли, 5 ... 57 ° C

Психрофіли, від +10 до -10 ° C

Психрофіли розвиваються в умовах холодильного зберігання харчових продуктів. Розрізняють:

- **факультативні психрофіли**, умови життя яких наближаються до режиму мезофілів,
- **облігатні**, тобто строгі психрофіли, здатні розмножуватися тільки при низьких температурах.

Психрофільні бактерії активно розмножуються на продуктах з не великою кислотністю - м'ясі, рибі, некислих молочних і овочевих продуктах при -5...-8°C.

Більшість пліснев - психрофільні, вони досить активно розвиваються на заморожених продуктах. Плісняви, так само як і дріжджі, розмножуються головним чином на слабо кислих продуктах. Будучі аеробами, плісняви ростуть аж до температури $-2...-3^{\circ}\text{C}$, при більш низькій температурі їх розмноження припиняється. Але окремі види цвілі припиняють розмноження лише при $-8...-10^{\circ}\text{C}$.

При нормальних умовах розвитку і життєдіяльності бактерій динаміка їх розвитку характеризується чотирма основними фазами:



1 - Латентна або Lag-фаза. Характеризується постійною кількістю N-числа мікроорганізмів.

2 - Логарифмічна фаза зростання. Характеризується постійною швидкістю (розмноження) зростання N - числа мікроорганізмів.

3 - Фаза максимальної концентрації. При цьому зрівнюються швидкості росту і відмирання мікроорганізмів. Кількість бактеріальних клітин в 1 грамі харчових продуктів може досягати $10^9 ... 10^{10}$.

4 - Фаза прискореного відмирання. Пояснюється несприятливими умовами метаболізму мікроорганізмів під впливом продуктів власної життєдіяльності.

Одним із завдань холодильних технологій є збільшення тривалості Lag-фази і зниження швидкості росту в логарифмічній фазі. Істотний вплив на ці показники надає температура харчового продукту. Так, наприклад, для м'ясного фаршу тривалість Lag-фази при 0°C становить 24 години, а при $+10^{\circ}\text{C}$ всього 1 годину.

Мікроорганізми бувають **чутливими, помірно стійкими і нечутливими до мінусової температури.**

Особливо чутливі до низьких температур вегетативні клітини плісневих грибів і дріжджів.

При негативних температурах легко гинуть грам негативні бактерії.

Більш стійкі до низьких температур грам позитивні бактерії, найбільш стійкі ґрунтові бактерії.

Спори бацил *Clostridium* нечутливі до низьких температур, тоді як спори цвілевих грибів виявляють помірну стійкість.

Стійкість мікроорганізмів до дії негативних температур залежить від трьох чинників:

- температури,
- швидкості її зниження
- часу впливу.

Дія негативних температур на мікроорганізми проявляється в зміні стану води в мікробній клітині.

Максимально шкідливу дію надає внутрішньоклітинне утворення льоду. Це призводить до підвищення концентрації внутрішньо-і позаклітинних розчинів, що веде до денатурації білків і порушення бар'єрів проникності.

Однак пошкодження мікроорганізмів холодом може відбуватися і без утворення льоду. Загибель бактеріальних клітин в результаті холодового шоку відбувається при дуже швидкому охолодженні через низький осмотичний тиск. При цьому згубна дія низьких температур пов'язана з порушенням нуклеїнових кислот і цілісності ліпідних мембран.

Стійкість мікроорганізмів до негативних температур залежить і від тривалості впливу холоду.

На початку заморожування число бактеріальних клітин швидко зменшується, потім загибель мікроорганізмів уповільнюється і, нарешті, залишаються стійкі до низьких температур клітини, кількість яких залежить від умов заморожування, індивідуальної стійкості виду мікробів.

Розвиток мікроорганізмів при температурі вище -10°C можливий і це може привести до зниження якості продукту, що зберігається і навіть до його псування.

При тривалому зберіганні мороженого м'яса при температурі вище -8°C можуть розвиватися плісняві гриби. Вони ростуть окремими колоніями, які згодом збільшуються і ущільнюються. Міцелій гриба проникає в товщу м'яса, починається спороношення. На поверхні продукту з'являються білі, сірі або чорні плями, в товщі накопичуються продукти життєдіяльності цвілі, з'являється затхлий запах.

Аналогічні процеси протікають при зберіганні мороженої риби та інших продуктів.

В заморожених ягодах або фруктових соках, що зберігаються при температурі вище -8°C , утворюється продукт життєдіяльності дріжджів - спирт.

7. Види холодильної обробки харчових продуктів

- **Охолодженням** продуктів називається процес відведення теплоти від них зі зниженням температури не нижче криоскопічної.
- **Переохолодження** - це стан продукту, викликаний зниженням його температури нижче криоскопічної без утворення кристалів вологи.
- **Підморожування** - процес, що супроводжується частковою кристалізацією вологи в поверхневому шарі, основна маса продукту знаходиться в переохолодженому стані.
- **Заморожування** - відведення теплоти від продуктів зі зниженням температури нижче криоскопічної при кристалізації здебільше води, яка міститься в продуктах.
- **Доморожування** - зниження температури до заданого рівня при відведенні теплоти від частково замороженого продукту.
- **Отеплення** - підведення теплоти до охолоджених продуктів з підвищенням їх температури до температури навколишнього середовища або трохи нижче..
- **Розморожування** - підведення теплоти до продуктів з метою декристалізації льоду, який міститься в них. В кінці процесу температура в товщі продукту становить 0°C і вище, кристали льоду плавляться, тканини поглинають вологу.
- **Холодильне зберігання** - це зберігання продуктів після холодильної обробки при заданому режимі в камері.

Під режимом холодильної обробки і зберігання розуміють сукупність параметрів і умов, які впливають на якість продуктів (температура, відносна вологість, швидкість руху повітря, склад середовища, тривалість процесу).