

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК  
**ХОЛОДИЛЬНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ**



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Національний університет харчових технологій

**ШУТЮК Віталій Володимирович**  
**БЕССАРАБ Олександр Семенович**  
**ДУЩАК Ольга Вячеславівна**  
**ЄМЦЕВ Віктор Іванович**

## **ХОЛОДИЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

### **НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

Затверджено  
Вченою радою  
Національного університету харчових технологій,  
як підручник для здобувачів вищої освіти,  
які навчаються за спеціальністю  
181 «Харчові технології»

**Київ**  
**НУХТ**  
**2022**

**УДК 664.8/9**  
**X73**

Затверджено Вченою радою  
Національного університету харчових технологій  
(Протокол № 11 від 30.06.2022 р.)

**Рецензенти:**

**Погарська В.В.** доктор технічних наук, професор, Державний біотехнологічний університет

**Тіглов О.С.** доктор технічних наук, професор, Одеський національний технологічний університет

**Поліщук Г.Є.** доктор технічних наук, професор, Національний університет харчових технологій

Холодильні технології: Навчальний посібник / В.В. Шутюк, О.С. Бессараб, О.В. Душак, В.І. Ємцев – Київ: НУХТ.– ФОП Ямчинський О. – 2022. 172 с □

**ISBN 978-8184-23-0**

У навчальному посібнику викладено суть та методологічні основи охолодження, заморожування, отеплення та холодильного зберігання харчових продуктів. Розглянуто технічні засоби, що застосовуються у сучасній холодильній технології харчових продуктів. Наведено відомості про призначення холодильної техніки та типи холодильних машин.

У кінці кожного розділу подаються питання для самостійного контролю знань.

Навчальний посібник призначений для здобувачів вищої освіти та викладачів вищих навчальних закладів, що навчаються за спеціальністю 181 «Харчові технології», слухачів системи підвищення кваліфікації, для управлінців і фахівців харчових підприємств та всіх, хто пов'язаний з холодильними технологіями.

**УДК 664.8/9**

ISBN 978-8184-23-0

© В.В. Шутюк, О.С. Бессараб,  
О.В. Душак, В.І. Ємцев, 2022  
© НУХТ, 2022

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА .....</b>	<b>7</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА КРИСТАЛІЗАЦІЯ ЛЬОДУ В ЗАМОРОЖЕНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ .....</b>	<b>14</b>
1.1. Вода в харчових продуктах .....	14
1.1.1. Заморожувані харчові продукти .....	14
1.1.2. Вплив заморожування і холодильного зберігання на якість харчових продуктів.....	15
1.1.3. Вологозв'язуюча і вологоутримуюча здатність .....	17
1.2. Заморожування харчових продуктів.....	17
1.2.1. Криві заморожування.....	17
1.2.2. Переохолодження.....	18
1.2.3. Утворення та зростання кристалів льоду .....	19
1.2.4. Фракція льоду .....	19
1.2.5. Вплив швидкості заморожування на структуру кристалів льоду .....	21
1.2.6. Склоподібний стан в заморожених харчових продуктах.	23
Запитання для самоперевірки.....	24
<b>РОЗДІЛ 2. ВПЛИВ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ.....</b>	<b>25</b>
2.1. Характеристика анабіозу.....	25
2.2. Руйнівна дія низьких температур.....	26
2.3. Вплив швидкості зниження температури на біологічні об'єкти .....	26
2.4. Вплив низьких температур на мікроорганізми .....	28
Запитання для самоперевірки .....	31
<b>РОЗДІЛ 3. МІКРООРГАНІЗМИ І ХОЛОД .....</b>	<b>32</b>
3.1. Вступ .....	32
3.2. Мікрофлора повітря .....	32
3.3. Мікрофлора продуктів .....	33
3.3.1. Продукти рослинного походження.....	33
3.3.2. Продукти тваринного походження .....	33
3.3.3. Рибопродукти .....	35
Запитання для самоперевірки.....	36
<b>РОЗДІЛ 4. ОХОЛОДЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ....</b>	<b>37</b>
4.1. Способи охолодження харчових продуктів .....	37
4.2. Охолодження овочів і фруктів .....	38
4.2. Охолодження та переохолодження м'яса.....	48

4.3. Охолодження птиці .....	52
4.4. Охолодження риби .....	53
4.5. Охолодження молочних продуктів .....	55
4.6. Зберігання охолоджених харчових продуктів .....	55
Запитання для самоперевірки .....	58

## **РОЗДІЛ 5. ПІДМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ. 59**

5.1. Способи підморожування харчових продуктів .....	59
5.2. Підморожування продуктів рослинного походження .....	61
5.3. Підморожування продуктів тваринного походження.....	61
5.4. Підморожування птиці .....	62
5.5. Підморожування риби .....	62
5.6. Підморожування напівфабрикатів, готових кулінарних виробів та інших страв.....	63
5.7. Зберігання підморожених харчових продуктів .....	63
Запитання для самоперевірки .....	65

## **РОЗДІЛ 6. ЗАМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ.... 66**

6.1. Особливості заморожування харчових продуктів.....	66
6.2. Заморожування продуктів рослинного походження.....	67
6.3. Заморожування м'яса.....	70
6.4. Заморожування м'ясопродуктів.....	71
6.5. Заморожування птиці.....	71
6.6. Заморожування риби.....	72
6.7. Заморожування молочних продуктів .....	73
6.8. Виробництво та зберігання морозива.....	73
6.9. Особливості заморожування хлібобулочних виробів.....	74
6.10. Зберігання заморожених харчових продуктів .....	75
Запитання для самоперевірки .....	78

## **РОЗДІЛ 7. ОТЕПЛЕННЯ ТА РОЗМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ..... 79**

7.1. Отеплення охолоджених продуктів .....	79
7.2. Розморожування харчових продуктів .....	80
7.2.1. Зміни в продуктах, що відбуваються в процесі розморожування .....	80
7.2.2. Втрати клітинного соку продуктом .....	81
7.2.3. Класифікація та аналіз способів розморожування харчових продуктів.....	83
Запитання для самоперевірки .....	88

<b>РОЗДІЛ 8. ТЕХНОЛОГІЯ ЗБЕРІГАННЯ ПРОДУКТІВ</b>	
<b>РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ .....</b>	<b>89</b>
8.1. Характеристика об'єктів зберігання.....	89
8.2. Зберігання рослинної продукції з штучним охолодженням в природно і регульованому газовому середовищі.....	90
8.2.1. Холодильники з природнім газовим середовищем.....	90
8.2.2. Холодильники з регульованим газовим середовищем ....	93
8.2.3. Склад газових сумішей.....	93
8.2.4. Створення та підтримка газових середовищ .....	98
8.3. Технологічні режими зберігання картоплі, окремих видів овочів, плодів і ягід .....	106
8.4. Технологія зберігання консервів .....	113
8.5. Втрати плодоовочевої продукції під час зберігання.....	114
8.6. Сумісність різноманітних овочів і фруктів при зберіганні	115
Запитання для самоперевірки .....	119
<b>РОЗДІЛ 9. ПРИНЦИПИ РОБОТИ</b>	
<b>ОСНОВНИХ ТИПІВ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН.....</b>	<b>120</b>
9.1. Загальні відомості .....	120
9.2. Компресорні холодильники .....	120
9.3. Абсорбційні холодильні установки.....	122
9.3. Термоелектричні холодильні машини .....	124
Запитання для самоперевірки .....	126
<b>РОЗДІЛ 10. ХОЛОДИЛЬНЕ</b>	
<b>ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ.....</b>	<b>127</b>
10.1. Загальні відомості .....	127
10.2. Повітряні морозильні апарати.....	128
10.2.1. Візкові апарати .....	129
10.2.2. Конвеєрні спіральні швидкоморозильні апарати .....	130
10.2.3. Флюдизаційні швидкоморозильні апарати .....	131
10.3. Контактні морозильні апарати .....	133
10.3.1. Плитковий морозильний апарат .....	134
10.3.2. Апарати для заморожування продуктів у рідкому холодоносії.....	135
Запитання для самоперевірки .....	137
<b>РОЗДІЛ 11. БЕЗПЕРЕРВНИЙ ХОЛОДИЛЬНИЙ ЛАНЦЮГ .</b>	
<b>138</b>	
11.1. Особливості постачання харчових продуктів .....	138
11.2. Холодильники у холодильному ланцюгу .....	141
11.2.1. Типи холодильників .....	141
11.2.1. Розрахунок основних параметрів холодильників .....	142
11.3. Холодильний транспорт.....	144

11.3.1	Залізничний холодотранспорт .....	146
11.3.2	Автомобільний холодильний транспорт .....	149
11.3.3.	Повітряний холодильний транспорт .....	150
11.3.4.	Водний холодильний транспорт.....	152
11.3.5.	Холодильні контейнери .....	153
11.4.	Умови, терміни та особливості перевезення різних харчових продуктів.....	155
	Запитання для самоперевірки .....	157
	Список використаних джерел.....	158
	Додатки .....	162

## ПЕРЕДМОВА

Починаючи з 1975 року кожні 12 років населення планети додає ще один мільярд людей. Останній рубіж – 7 мільярдів, людство пододало у 2011 р. А до кінця 2022 року подолає ще один: у світі буде 8 мільярдів людей.

[Доповідь ООН World Population Prospects 2022. [https:// un.org. population](https://un.org.population)].

Таблиця 1

### Динаміка чисельності населення на планеті Земля, млрд чол.

Рік	1500	1800	1900	1950	2000	2011	2019	2050 прогноз
Чисельність населення	0,44	0,94	1,6	2,05	6,0	7,0	7,52	9,5...10

Останні чотири Доповіді про стан продовольчої безпеки та харчування у світі (СОФД) виявили тривожну тенденцію. Так за даними ООН, якщо з 2015 р. частка голодуючих залишалася відносно незмінною, але в 2020 р. вона почала зростати і у 2021 р., досягла 9,8 % від чисельності світового населення. Для порівняння, у 2019 р. ця частка становила 8 %, а в 2020 р. – 9,3 %.

[ФАО, МФСР, ЮНІСЕФ, ВПП і ВОЗ. 2022. Доповідь. Стан продовольчої безпеки та харчування у світі, 2022. Переорієнтація продовольчої та сільськогосподарської політики, щоб зробити здорове харчування більш доступним. Рим, ФАО. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0639en>].

Існує реальна небезпека того, що у 2022 р. ці цифри ще більше зростуть. Підставою для цього є глобальний стрибок цін на продовольство, паливо та добрива, який ми спостерігаємо внаслідок кризи в Україні і який загрожує викликати голод у країнах у всьому світі. Це призведе до глобальної дестабілізації, голодних смертей та масової міграції у небачених раніше масштабах.

Загалом, у 2021 р близько 2,3 мільярдів людей у світі (29,3 %) зіткнулися з помірно чи важкою формою відсутності продовольчої безпеки – це на 350 млн більше, ніж до початку пандемії COVID-19. З цього можна зробити висновок, що світ не просувається ні до забезпечення доступу до безпечних, поживних та достатніх продуктів харчування для всіх людей протягом усього року, ні до викорінення всіх форм неповноцінного харчування.

Необхідно також зауважити, що, на сьогоднішній день, майже три чверті всіх людей планети живуть в країнах з низьким обсягом ВВП, де доходи на душу населення нижче середнього і є нестача природних, енергетичних ресурсів та продовольства. При цьому, швидка урбанізація та



стрибокподібне зростання населення, особливо в країнах Африки на південь від Сахари та Азії, не супроводжувалися пропорційним збільшенням внутрішнього виробництва продовольства, спостерігається зростаюча залежність цих країн від імпорту їжі. При цьому, під час пандемії COVID-19, а потім війни в Україні відбувся масштабний збій логістики поставок продовольства, що також негативно впливає на рівень забезпечення людства продовольством.

Конфлікти, мінливість та екстремальні кліматичні явища, а також уповільнення економічного зростання та спади в розвитку економіки світу є основними факторами, що стримують прогрес щодо забезпечення продовольчої безпеки, особливо там, де високий рівень нерівності доходів та якості життя. Пандемія COVID-19, війна в Україні продовжують робити шлях до досягнення другої цілі сталого розвитку ще складнішим.

Важливою проблемою у забезпеченні продовольчої безпеки у світі є значні втрати агросировини та продовольства (табл. 2). Так сільське господарство щорічно втрачає 10...15 % продукції на суму близько €363 млрд. Основними причинами цих втрат є неправильне зберігання (10...20 %, в залежності від країни та культури) і порушення норм транспортування продуктів від ферм до переробних підприємств та полиць магазинів (5...8 %).

Офіційний сайт ФАО URL: <https://www.fao.org/3/i9420uk/I9420UK.pdf>

Таблиця 2

**Втрати сировини та продовольства за стадіями технологічного ланцюгу їх створення і споживання у світі, %**

Ступінь розвитку країни	Виробництво	Зберігання	Переробка та пакування	Доставка та продаж	Споживання
Розвинені країни	10	9	2	5	28
Країни, що розвиваються	14	15	2	7	7
Разом	24	24	4	12	35

Враховуючи обсяги втрат продовольства та харчових відходів (до 24% калорійності всієї їжі, що виробляється на суму \$ 1трлн), інвестиції у їх зменшення є одним з важливих факторів підвищення фізичної та соціально-економічної доступності їжі.

«Стан справ у галузі продовольчої безпеки та харчування у світі», Щорічна доповідь ФАО URL:<http://www.fao.org/about/en/> (дата звернення: 02.10.2021).

Проблеми забезпечення продовольчої безпеки є актуальними і для України, особливо у питаннях забезпечення збалансованого харчування та достатнього споживання тваринних білків населенням країни, яке на 30...35 % постійно нижче за НОНС та фактичне їх споживання у розвинутих країнах. Дефіцит білків тваринного походження має негативні наслідки для організму людини тому що призводить до уповільнення росту та розвитку дітей, змін у печінці, зміни гормонального фону, порушенням вироблення ферментів та проблем з травленням, послаблення серцевої і дихальної систем, зниженню імунітету, втраті м'язової маси тощо.

Однією з умов продовольчої безпеки країни є її продовольча незалежність, тобто певний рівень самозабезпечення продовольством за рахунок внутрішнього виробництва.

Таблиця 3

### Рейтинг країн світу за індексом продовольчої безпеки

Місце	Країна	Бал	Економічна доступність	Фізична доступність	Якість та безпечність	Природні ресурси
1	Фінляндія	85,3	90,2	82,0	93,8	73,2
...						
21	Румунія	74,2	82,8	67,9	87,2	56,6
22	Білорусь	73,8	85	65,8	85,5	56,3
...						
<b>54</b>	<b>Україна</b>	<b>63,0</b>	<b>74,4</b>	<b>51,6</b>	<b>75,3</b>	<b>20,3</b>
55	Аргентина	62,7	62,5	59,6	90,2	44,9

Офіційний сайт ФАО URL: <https://www.fao.org/3/i9420uk/I9420UK.pdf>

Таким чином рішення проблем продовольчої безпеки для населення країни та проблем забезпечення людства якісним продовольством в обсягах, що відповідають науково обґрунтованим раціональним нормам споживання, є глобальною проблемою розвитку міжнародної спільноти, а питання збереження та скорочення втрат продовольства під час транспортування, переробки та збереження сировини і готової продукції – дуже актуальними.

Природним і штучним холодом людство користується з найдавніших часів збільшення терміну збереження харчових продуктів. Джерелами його були сніг, крига та холодна вода. Штучними холодильними пристроями служили примітивні сховища такі як ями, погребі, печери та льодовики.

У давньогрецькій і давньоримській літературі (твори Протагора, Голена, Гіппократа, Плінія, Афена) згадується про використання снігу та льоду для охолодження напоїв.

З літературних джерел середньовіччя відомо, що для дворів каліфа Мекки і каїрського султана доставляли верблужими караванами сніг із сирійських і ліванських гір. В Європі — Іспанії та Португалії — після хрестових походів почало поширюватися використання пористого глиняного посуду, призначеного для охолодження питної води.

Нова ера започаткувала перші свідомі дослідження, пов'язані зі зберіганням продуктів способом охолодження. Парацельс (1493-1514 рр.) в «Арчидохе» повідомляє про процедуру, за допомогою якої взимку можна підвищити вміст спирту у вині виморожуванням води. Флорентієць Прокопіо Колтелло у 1660 р. відкрив кафе у Парижі, де продавав морозиво, одержане заморожуванням фруктового соку за допомогою суміші льоду і солі. До середини XIX ст. низькі температури одержували виключно за допомогою природного льоду.

Проте робилися перші кроки і в галузі створення холодильних машин. З другої половини XIX ст. швидко розвивається холодильна техніка, а разом з нею поширюється спосіб охолодження і навіть заморожування продуктів. Так у XIX ст. з'явилися промислові холодильні машини. Першу холодильну машину була винайдено 1834 р. англійцем Перкінсоном. По принципу дії вона була абсорбційною, а в якості холодильного агенту було використано етиленовий ефір. Пізніше 1871 р. француз Теньє створив машину, яка працювала на метиловому ефірі, а 1872 р. англієць Бойль винайшов холодильну машину, у якій використовувався аміак.

Австралієць Т.С-Морт у 1861 р. у Сідней заснує перший холодильний комбінат. З європейців першими займалися охолодженням і заморожуванням м'яса французи Ч. Теллієр і Ф. Карре. Ч. Теллієр у 1876 р. придбав судно, на якому встановив холодильну машину. На цьому судні він уперше доставив морожене м'ясо з Руана до Буенос-Айреса, яке прибуло туди після тримісячної подорожі в задовільному стані. На зворотному шляху судно завантажили 35 т аргентинського мороженого м'яса і доставили його до Франції. У 1880 р. судно «Страслевен», обладнане повітряною холодильною машиною, доставило до Англії із Сіднея і Мельбурна 40 т мороженого м'яса. У 1882 р. вітрильник «Дунедін», який мав на борту подібну машину, доставив до Англії з Нової Зеландії 3000 заморожених туш баранини. Ці дослідні поставки довели, що міжконтинентальна торгівля м'ясом можлива. Тоді ж виникла потреба у будівництві холодильних складів.

З тієї пори холодильники почали будувати повсюдно, а охолодження і заморожування стали найважливішими способами консервування продуктів, що швидко псуються. У 1906 р. за проектом Стетefeldьда збудовано Будапештський холодильник. Департамент

сільського господарства США вже у 1911 р. встановив, що завдяки зберіганню заморожених продуктів постачання населення продовольчими товарами може впродовж усього року підтримуватися на однаковому рівні і що забезпечення великих міст продуктами було б неможливе без їх транспортування та зберігання у замороженому стані.

Потім знову поширилося заморожування на повітрі, витісняючи з практики багатоплиткові морозильні установки. В установках швидкого заморожування Бердсея можна було оброблювати не тільки рибу, а й інші продукти, наприклад овочі, фрукти тощо.

Промислове консервування фруктів заморожуванням почалося у 1904 р., після того як С. Фултон заморозив зацукрену полуницю і малину, призначену для подальшої обробки у консервній промисловості. До 1910 р. цей процес отримав промислове поширення.

Впровадження штучного холоду у широких масштабах розпочалося нашої країні у тридцятих роках. Місткість холодильників особливо швидко зростала у повоєнні роки. Поряд із зростанням холодильної місткості постійно розвиваються холодильне машинобудування та приладобудування. Сучасні холодильні машини випускають переважно як автоматизовані агрегати. Велику увагу приділяють конструюванню та виготовленню малих автоматизованих холодильних машин.

Малі холодильні машини набули широкого поширення у торгівлі та громадському харчуванні (холодильні шафи, камери, прилавки, вітрини, охолоджувані торгові автомати), у побуті (холодильники, морозильні камери та кондиціонери), на транспорті, сільському господарстві, медицині та інших галузях народного господарства.

Широкого розвитку та активного застосування набув холодильний (ізотермічний) транспорт. Інтенсивно розвивається різноманітний автомобільний холодильний транспорт. Залізничний холодильний транспорт помітно поповнився складами, секціями та окремими автономними вагонами з машинним охолодженням. Побільшало суден-холодильників, оснащених сучасним холодильним обладнанням.

Для збереження та переробки всезростаючої кількості харчових продуктів необхідно збільшувати обсяги та підвищувати темпи будівництва холодильників та холодильного обладнання, а також технічно вдосконалювати існуючі холодильні підприємства.

Холод являється ефективним консервантом, який перешкоджає розвитку мікроорганізмів, і нині широко використовують у всіх галузях харчової промисловості. У м'ясній, птахопереробній, рибній та плодоовочевій промисловості охолоджують, заморожують та зберігають продукти за низьких температур; у молочній промисловості

холод використовують при охолодженні та зберіганні молока, масла та молочних продуктів, а також при дозріванні сиру та його зберіганні, у кондитерському виробництві охолоджують сировину, пасту та готову продукцію. Холод застосовують також при веденні технологічних процесів у пивоварінні та виноробстві. Щоб зберегти якість продуктів на шляху від виробництва до споживача у всіх країнах створено та діє безперервний холодильний ланцюг. Безперервним він має бути тому, що навіть при одноразовому та короткочасному підвищенні температури швидкопсувного продукту відбувається зниження якості та безпечності настільки, що надалі його відновлення стає неможливим.

Отже, зберігання продуктів способом охолодження і заморожування має коротку історію, а процес швидкого заморожування розроблено тільки за останні чотири десятиліття і може вважатися найсучаснішим способом зберігання продуктів, що швидко псуються.

Багато харчових продуктів — продукти сезонної заготівлі, зберігання високої якості та харчової цінності яких можливе впродовж тривалого часу тільки за допомогою консервування. Відомі різні способи консервування харчових продуктів. Вибір того чи іншого способу консервування визначається якістю і харчовою цінністю продукту на кінець процесу зберігання і витратами енергії на консервування. Із зіставлення різних способів консервування випливає, що одним із найкращих способів консервування є холодильний, тобто охолодження, заморожування або підморожування харчових продуктів і зберігання їх в охолодженому, замороженому або підмороженому стані.

Охолоджені харчові продукти після зберігання незначною мірою відрізняються від свіжих. Витрати енергії на охолодження і зберігання в охолодженому вигляді харчових продуктів значно менші, ніж за інших способів консервування. Тривалість зберігання охолоджених харчових продуктів залежить від багатьох факторів і визначається сукупною дією мікробіологічних, біохімічних, хімічних і фізичних процесів на якість продуктів. Для підвищення тривалості зберігання харчових продуктів, що швидко псуються, їх необхідно заморожувати. У заморожених харчових продуктах швидкість перебігу процесів, що впливають на якість, у багато разів менша, ніж в охолоджених. Якість харчових продуктів після заморожування практично не відрізняється від первинної, оскільки вони зберігають багато цінних поживних властивостей.

Потреба у збільшенні обсягів виробництва якісних і безпечних харчових продуктів для задоволення потреб внутрішнього та світового ринків продовольства, призводить до необхідності забезпечення

підприємств харчової промисловості якісною сировиною. При цьому треба враховувати, що виробництво практично всіх видів сировини характеризується чітко вираженою сезонністю, що призводить до збільшення навантаження на існуючу інфраструктуру з доставки, тривалого (шість-дев'ять місяців при низьких температурах) зберігання, збереженні готової продукції на складах підприємств та у торговій мережі. Однак, сьогоdnішній стан забезпечення харчової галузі холодильними ємностями є незадовільним: 90 % з них побудовані 30–50 років тому, використовують старі технології охолодження, старе обладнання, знос якого складає 80 % і більше. Тільки 10...15% існуючих холодильних ємностей відповідають сучасним вимогам, в тому числі використовують сучасні технології збереження продукції в інертному середовищі і можуть забезпечити необхідні умови та температурний режим зберігання.

Будівництво ж нових холодильних потужностей вимагає великих інвестицій з досить тривалим терміном окупності. Іноземні інвестори погоджуються вкладати кошти, але співробітництво з їхнього боку укладається у вигідну для них формулу «український ринок в обмін на інвестиції». Це стосується і технологій, і обладнання, і відповідних ринків сировини і готової продукції.

Створення раціональних конструкцій холодильного устаткування неможливе без знань процесів, що проходять у харчових продуктах за холодильного оброблення та в апаратах холодильного устаткування.

Правильне використання холодильного устаткування, дотримання потрібних режимів роботи – запорука збільшення терміну зберігання харчових продуктів, зниження втрат і випуску високоякісних кулінарних виробів, напівфабрикатів і готових страв.

Створення раціональних конструкцій холодильного устаткування та забезпечення його ефективного функціонування неможливе без знань процесів, що проходять у сировині та харчових продуктах під час холодильного оброблення в апаратах холодильного устаткування та зберіганні.

Раціональне і ефективне використання холодильного устаткування, дотримання потрібних режимів роботи – запорука забезпечення виробництва якісної та безпечної харчової продукції, зменшення її втрат під час виробництва, транспортування і реалізації.

## РОЗДІЛ 1. ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА КРИСТАЛІЗАЦІЯ ЛЬОДУ В ЗАМОРОЖЕНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ

### 1.1. Вода в харчових продуктах

Консервування заморожуванням є основою сформованого великого сектора заморожених харчових продуктів. Низькі від'ємні температури ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  в побутових морозильних камерах,  $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$  – в більшості промислових холодильних камер і до  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  в деяких морозильних камерах зберігання харчових продуктів глибокої заморозки) уповільнюють процеси псування, що відбуваються під дією автолізу, окиснення і мікробіологічної псування в умовах плюсових температур.

#### 1.1.1. Заморожувані харчові продукти

Вода є середовищем для перебігу процесів біохімічного псування харчових продуктів. Сухі харчові продукти набагато стабільніші ніж продукти з підвищеним вмістом вологи, оскільки волога, що залишається в них характеризується низькою активністю ( $a$ ). При заморожуванні волога видаляється з матриксу в результаті утворення кристалів льоду. Незважаючи на те, що кристали льоду залишаються в продукті, залишкова волога насичується розчиненими речовинами й її значення  $a_w$  знижується. У цьому сенсі заморожування подібно сушінню є логічним обґрунтуванням консервування харчових продуктів. Життєдіяльність більшості мікроорганізмів припиняється при значеннях  $a_w$  нижче 0,7.

У заморожених продуктах, як правило, міститься досить велика кількість вологи (табл. 1.1). У клітинах, рослинних і тваринних тканинах в природному стані міститься близько 80 % води (від сирової маси), причому в отриманих з них харчових продуктах спостерігається подібний вологовміст. Це відноситься і до «штучно створених» харчових продуктів таких як морозиво, у яких для формування необхідної текстури необхідна суміш води і льоду певного складу.

Таблиця 1.1.

**Вміст вологи в деяких заморожених харчових продуктах**

<b>Харчовий продукт</b>	<b>Вміст вологи, % до сирії маси</b>
Гідробіонти	50...80
Готові страви	50...85
Морозиво	59...62
М'ясо	35...75
Овочі	55...90
Тісто	5...20
Хлібобулочні вироби	28...46
Ягоди	87...90

**1.1.2. Вплив заморожування і холодильного зберігання на якість харчових продуктів**

Розморожені після зберігання харчові продукти в ідеалі не повинні відрізнятися від свіжих (це не відноситься до таких продуктів, як морозиво, які споживають в замороженому стані). Для одних харчових продуктів ця вимога виконується краще, для інших – гірше. Продукти з ніжною текстурою, як правило, більше страждають від пошкодження клітин кристалами льоду. Але, для основних категорій продовольчих товарів, таких як хліб, м'ясо, риба і овочі, якість розмороженого продукту цілком можна порівняти з якістю свіжого, реалізованого охолодженим, а в деяких випадках навіть перевершує його (наприклад, за вмістом вітамінів).

Утворення кристалів льоду може знижувати якість харчових продуктів з наступних причин:

– *Механічне пошкодження структури продукту.* Питомий об'єм льоду приблизно на 10 % більше ніж води. Об'ємне розширення кристалів льоду призводить до стиснення клітин харчових продуктів. У деяких ягід (зокрема, суниці) з ніжною структурою таке розширення кристалів льоду викликає значні пошкодження (ягоди після заморожування стають водянистими). На макроскопічному рівні температурний шок, що виникає при швидкому криогенному заморожуванні, може призводити до розтріскування продукту.

– *Перехресне зшивання білків* (в рибі та м'ясі). Зменшення при заморожуванні кількості вільної вологи в рідкій фазі та підвищенні



концентрації електролітів обумовлює агрегацію і денатурацію м'язових білків.

– *Часткова реабсорбція води при розморожуванні* відбувається при наявності перехресного зшивання білків. Як приклад можна привести заморожені тваринні тканини, в яких м'язові білки, позбавлені оболонки, поперечно зшиваються. Розморожена тканина не здатна до повної повторної абсорбції води, що утворилася в результаті танення льоду, і відновлення колишнього вмісту вологи. Це призводить до небажаного виділення ексудату («втрати соку з м'яса») і формування більш жорсткої текстури розмороженої м'язової тканини.

Основними причинами погіршення якості заморожених харчових продуктів зазвичай є дві останні причини, тобто зниження якості викликане в основному процесами, що відбуваються при зберіганні продукту в замороженому стані, а не в ході самого процесу заморожування. Швидке заморожування може бути застосовано лише до невеликих партій продукту. Швидкість заморожування для великих промислових «зразків» продукту невелика, в зв'язку з цим якість харчових продуктів залежить від швидкості заморожування лише в незначній мірі – позаклітинний лід у всіх зразках (крім невеликих, які заморожуються спеціальними лабораторними методами) утворюється завжди.

Ступінь ушкоджень харчового продукту та їх вплив на його якість істотно залежать від типу харчового продукту (його біологічної природи і структури). Наприклад, при заморожуванні і зберіганні в замороженому стані ступінь пошкоджень м'яса в порівнянні з рибою менше. Також м'ясо піддають тепловій обробці довше, ніж рибу.

Юридичною проблемою є так звана «додана» вода. Вода, яка розпилюється на поверхню заморожуваного рибного філе, утворює шар льоду, який забезпечує певний захист від окиснення при зберіганні замороженого філе. З іншого боку, при цьому виникає спокуса додати води побільше, оскільки риба реалізується за масою.

Споживачі часто запитують, наскільки розморожування і повторне заморожування шкідливі для якості харчових продуктів. Відповідь на це питання може бути такою: якщо вести розморожування і подальше повторне заморожування належним чином в санітарно-гігієнічному сенсі (маючи на увазі запобігання контамінації мікроорганізмами при розморожуванні), то багаторазове заморожування зазвичай не чинить істотного впливу

на якість (може проявлятися переважно в збільшенні втрат тканинного соку).

---

### ***1.1.3. Вологозв'язуюча і вологоутримуюча здатність***

---

Існує кілька механізмів зв'язування вологи в харчовому продукті. Вона може утримуватися клітинними мембранами, між клітинами і в порах за рахунок капілярних сил. Таку вологу можна видалити пересуванням. Вода зв'язана з гідрофільними компонентами харчових продуктів: білками, вуглеводами, солями і мікронутрієнтами (за рахунок сил Ван-дер-Ваальса й за допомогою водневих зв'язків).

Взаємодія води з жирами (ліпідами) незначна через гідрофобність останніх і їх погану розчинність воді. На клітинному рівні виведення вологи з клітин регулюється магнітною проникністю клітинних мембран, які представлені ліпідним бішаром і осмотичними механізмами. Сила міжмолекулярних взаємодій в гідратній оболонці білків зростає від зовнішньої поверхні гідратного шару до його внутрішньої поверхні. Зв'язану вологу видалити заморожуванням неможливо – таку вологу називають «невимороженою вологою». Методи вимірювання вологозв'язуючої здатності харчових продуктів мають велике практичне і наукове значення.

---

## **1.2. Заморожування харчових продуктів**

---

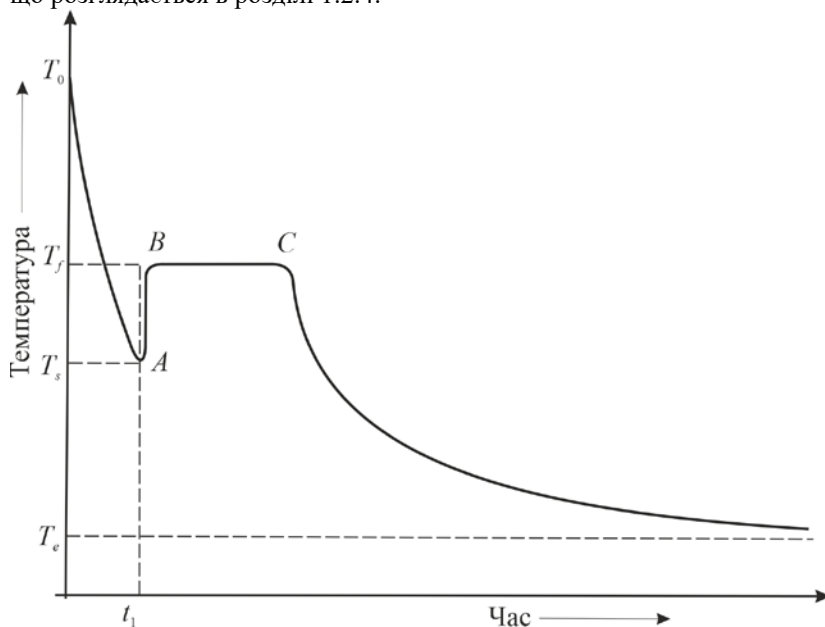
### ***1.2.1. Криві заморожування***

---

Заморожування продукту починаються з його контакту з холодоносієм, який буває твердим (наприклад, пластиною теплообмінника з температурою  $-30\dots-40$  °C або сухим льодом – діоксидом вуглецю в твердій фазі – з температурою  $-78,5$  °C), рідким, коли продукт занурюють в охолоджуючу суміш або криогенну рідину (наприклад, в рідкий азот температурою  $-196$  °C), або газоподібним (струменем повітря, газоподібним азотом або  $\text{CO}_2$ ). Поверхня харчового продукту охолоджується швидше, ніж його центр, оскільки теплоперенесення з внутрішньої частини продукту до його поверхні залежить від теплопровідності продукту.

Типовий графік зміни температури продукту в процесі заморожування наведено на рис. 1.1. Температура на поверхні харчового продукту перед різким стрибком майже до початкової температури заморожування  $T_f$  може свідчити про переохолодження (точка  $A (t_1, T_s)$ ), після чого досягається стабілізація температури (пряма ділянка кривої між точками  $B$  і  $C$ ), так як з харчового продукту починається перенесення прихованої теплоти замерзання води (для

чистої вільної води – 334 кДж/кг). Перші кристали льоду утворюються між точками *A* і *B*, далі вони формуються весь час до досягнення кінцевої температури  $T_e$ , коли температура продукту вирівнюється з температурою холодоагенту. Після цього швидкого збільшення кількості льоду не відбувається, за винятком повільного їх зростання, що розглядається в розділі 1.2.4.



*Рис. 1.1.* Графік зміни температури в харчовому продукті під час заморожування:  $T_0$  – початкова температура заморожування;  $T_f$  – температура, до якої продукт піддається переохолодженню;  $T_s$  – температура заморожування (постійна *B–C*);  $T_e$  – рівноважна температура.

### **1.2.2. Переохолодження**

При температурі нижче початкової точки замерзання рідина називається переохолодженою. Такий стан рідини є метастабільним – в цьому стані рідина може залишатися досить довго, до початку нуклеації (зародження) першого кристала льоду. Після цього кристали льоду швидко ростуть і поширюються по всьому об'єму рідини. Чиста вода (вільна від домішок, що діють як центри нуклеації) може залишатися переохолодженою до температури приблизно — 40 °С. При більш

низьких температурах вода замерзає внаслідок гомогенного утворення і зростання льоду. У харчових продуктах ступінь переохолодження води значно менше, ніж у чистої води внаслідок гетерогенного льодоутворення. У природі переохолодження відіграє дуже важливу роль, так як є одним з механізмів, завдяки яким рослини і тварини переносять від'ємні температури і мінімізують пошкодження тканин внаслідок утворення кристалів льоду.

---

### **1.2.3. Утворення та зростання кристалів льоду**

---

Кристали льоду виникають у вигляді ядер (зародків) деякого критичного розміру і потім збільшуються («ростуть»). Критичний розмір – це такий розмір, при якому зростання ядра внаслідок збільшення обсягу призводить до зменшення поверхневої енергії  $\sigma$  і збільшення вільної енергії Гіббса  $\gamma$  (для сферичного кристалу льоду радіуса  $r$  це відбувається, коли  $\sigma r^2 < \gamma r^3$ ).

Вільна енергія Гіббса (або просто енергія Гіббса, або потенціал Гіббса, або термодинамічний потенціал у вузькому значенні) — це термодинамічний потенціал такого вигляду:  $G = U + PV - TS$ , де  $U$  – внутрішня енергія,  $P$  – тиск,  $V$  – об'єм,  $T$  – абсолютна температура,  $S$  – ентропія.

Нуклеація може бути гомогенною або гетерогенною. *Гомогенна нуклеація* відбувається тільки в гомогенних, вільних від зважених часток, рідинах внаслідок випадкових коливань молекул (випадкові кластери молекул миттєво приймають конфігурацію льоду і виконують функцію зародків). У твердих харчових продуктах нуклеація має *гетерогенний характер*, при цьому центром утворення зародків є поверхня клітин. Імовірність нуклеації в тому чи іншому місці зростає, якщо молекулярна структура поверхні має схожість зі структурою льоду, тобто відповідає розміру кристалічної решітки льоду і діє як свого роду шаблон. Особливо це відноситься до так званих льодоутворюючих білків (INA, ice nucleation active proteins), виявлених у деяких бактерій і рослин.

---

### **1.2.4. Фракція льоду**

---

Нехтуючи явищем переохолодження, можна стверджувати, що чиста вода замерзає при  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , однак водні розчини (в харчових продуктах – розчини хлориду натрію або інших солей) мають більш низьку точку замерзання. Це зниження наближено можна описати законом Рауля. При зниженні температури нижче  $T_f$  лід спочатку утворюється в позаклітинній області, а потім починає змінюватися фазовий стан внутрішньоклітинного простору. Це пояснюється тим, що клітинна мембрана (типовий діаметр клітини становить 50 мкм)

перешкоджає проникненню льоду з міжклітинної простору всередину клітини, сприяючи переохолодженню внутрішньоклітинної області до температури близько  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Діаграма станів бінарного (двокомпонентного) розчину показана на рис. 1.2. Для досягнення рівноважного стану між льодом, що утворюється при температурах нижче  $T_f$ , і залишковим розчином потрібно однаковий хімічний потенціал двох фракцій. Це обумовлює залежність між активністю води  $a_w$  розчину, молекулярними масами компонентів і їх фракціями. З цих термодинамічних умов слідує, що кількість льоду  $x_i$ , що утворюється при температурі  $T < T_f$ , в першому наближенні (в разі ідеального двокомпонентного розчину і невеликої різниці температур  $T_f - T$ ) задається рівнянням

$$x_i = (x_w - x_n) \left( 1 - T_f / T \right), \quad (1.1)$$

де  $T_f$  і  $T$  – температури,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $x_w$  – загальний вміст води в харчовому продукті,  $x_n$  – вміст невимороженої води (останнє зазвичай становить 5% і включає так звану зв'язану воду, так що  $x_n > x_b$ , де  $x_b$  – вміст зв'язаної води).

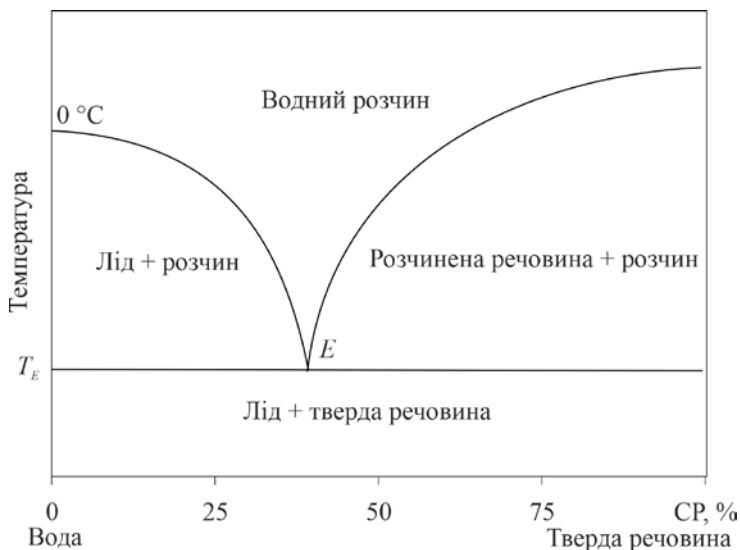


Рис. 1.2. Діаграма станів, яка схематично показує поведінку двокомпонентного розчину з евтектичною точкою  $E$  і евтектичною температурою  $T_e$ .

Заморожений харчовий продукт не є рівноважною системою. Вода в безпосередній близькості до клітин може перебувати в склоподібному стані – в цьому випадку замість простої бінарної діаграми (представленої на рис. 1.2) використовують «доповнену» фазову діаграму стану харчових продуктів (рис. 1.3). Вона може включати рівноважні точки плавлення, температури гетерогенної і гомогенної нуклеації, склування і розсклування (виходу з склоподібного стану), рекристалізації, а також (при необхідності) розчинність речовин і евтектичних температури. До теперішнього часу досить добре вивчені лише прості бінарні системи типу «вода-глюкоза».

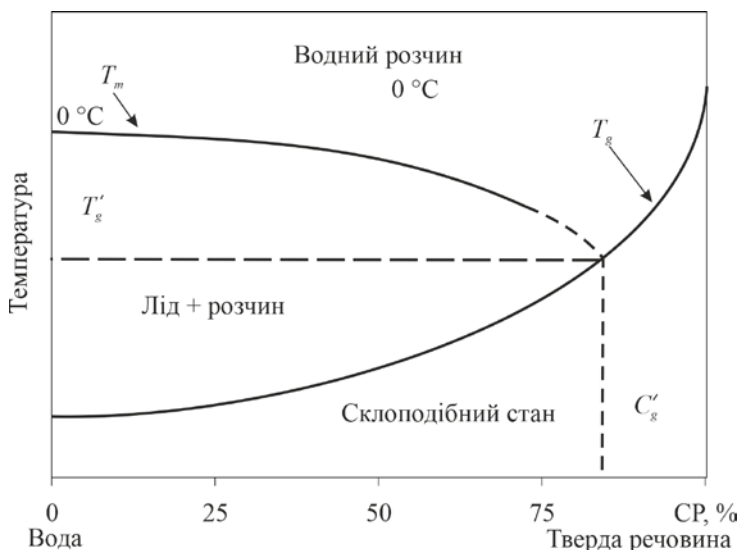


Рис. 1.3. Доповнена фазова діаграма, що ілюструє поведінку водного розчину:  $T_m$  – крива плавлення;  $T_g$  – крива склування;  $C'_g$  – концентрація максимально насиченого розчину;  $T'_g$  – відповідна температура склування

### 1.2.5. Вплив швидкості заморожування на структуру кристалів льоду

Швидкість заморожування визначається щодо швидкості руху фронту заморожування. Цей підхід занесено в «Червону книгу» Міжнародного інституту холоду.

Швидкість заморожування визначає тип, розмір і розподіл утвореного льоду, який може бути представлений поза- і

внутрішньоклітинним льодом, деревовидним або сфероподібним льодом (в швидкозаморожених водних розчинах). При використанні дуже високих швидкостей охолодження (до 10 000 °C/хв) можна повністю уникнути утворення льоду і замість цього домогтися нітрифікації до склоподібного стану.

При повільному заморожуванні утворюються більші кристали льоду, а при швидкому – більше дрібних кристалів. Які кристали (великі чи дрібні) більш кращі, залежить від мети заморожування – наприклад, в морозиві кристали льоду повинні бути по можливості якомога дрібніші, так як це робить готовий продукт більш гомогенним, а його текстуру – більш гладкою. Проте при концентруванні рідких продуктів виморожуванням великі кристали льоду зручніше відокремлювати від концентрату. Для сублімаційного сушіння бажано утворення невеликої кількості великих кристалів, що дозволяють прискорити подальший процес сублімації.

На початку процесу заморожування присутня вода в харчовому продукті мігрує і приєднується до зростаючих кристалів льоду. При швидкому заморожуванні рослинних або тваринних тканин (в лабораторних умовах – невеликих і тонко зрізаних зразків) вода крізь клітинну мембрану не проникає, і всередині клітини утворюються дрібні рівномірно розподілені кристали льоду.

У промислових умовах швидкість заморожування харчових продуктів зазвичай занадто мала для утворення внутрішньоклітинного льоду. У харчових продуктах, які заморожують повільно, утворюються великі кристали льоду, що заповнюють міжклітинний простір, викликаючи дегідратацію клітин. Кристали льоду розділяють клітини або тканинні волокна. Хоча у швидко заморожених продуктах харчування утворюються дрібні кристали льоду, з часом вони можуть ставати більшими в результаті процесу, званого рекристалізацією або дозріванням Оствальда\*. При зберіганні заморожених харчових продуктів рекристалізація відбувається внаслідок того, що більші кристали термодинамічно більш стабільні завдяки відносно невеликій поверхневій енергії. Рекристалізацію підсилюють температурні градієнти під час заморожування або розморожування продуктів, температурні коливання впродовж тривалого холодильного зберігання, при транспортуванні і зберіганні в побутових холодильниках.

Дозрівання Ostwald - це процес розчинення і повторного осадження частинок. Тому він описує зміну неоднорідних систем з часом. Це явище ми можемо спостерігати в твердих розчинах або рідких золях, тобто водно-масляних емульсіях

---

### **1.2.6. Склоподібний стан в заморожених харчових продуктах**

---

При дуже швидкому охолодженні рідини кристалізації не відбувається, і рідина переходить в склоподібного стану, піддаючись фазовому переходу другого порядку, тобто, без виділення прихованої теплоти. Це відбувається в діапазоні температур склування  $T_g$ . При температурі нижче  $T_g$  молекули рідини (вже склоподібної) мають дуже низьку мобільність. Температура склування  $T_g$  не є фізичною постійною, як точка плавлення, і залежить від швидкості охолодження.  $T_g$  чистої води – близько – 140 °С.

Існують деякі досить поширені помилки щодо склоподібного стану, наприклад, що такий стан – «це переохолоджена рідина» або «це метастабільна рідина». Вони помилкові, оскільки, склоподібний стан, критично кажучи, є нерівноважним станом речовини (хоча і має постійні характеристики, якщо речовина знаходиться при постійній температурі). Мобільність молекул в склоподібного стані надзвичайно низька, що обмежує їх дифузію в стабільну (кристалічну) конфігурацію, в зв'язку з чим її може не спостерігатися як завгодно довго.

Концепція склування добре розроблена для неорганічних речовин і полімерів. Важлива особливість харчових продуктів, що знаходяться в склоподібного стані, полягає в тому, що вони, як правило, більш стабільні (менш схильні до псування) з огляду на дуже низьку мобільність молекул води. Це стосується температур харчового продукту нижче значення  $T_g$  водного розчину, що міститься в ньому. Для сухих продуктів  $T_g$  вище кімнатної температури. Такі продукти (кава в зернах, макаронні та кондитерські вироби) досить стабільні при зберіганні. У харчових продуктах з великою кількістю вологи (м'ясо, риба, овочі), а також в продуктах, що консервуються заморожуванням, значення  $T_g$  становить –28 °С і нижче.

Концепція склування корисна при вивченні способів збільшення терміну придатності харчових продуктів при їх холодильному зберіганні. Застосування кріопротекторів зменшує зростання кристалів льоду і перешкоджає міграції молекул гідратної води білків  $T_g$  може бути корисним індикатором ефективності конкретних кріопротекторів, наприклад, моно- і дисахаридів, гліцерину, сорбіту, фосфатів, аскорбінової кислоти, камедей і трегалози. Можливі механізми кріозахисту білкових харчових продуктів (зокрема, риби). До них відносяться:

– вибіркове виключення кріопротекторів з білкового продукту. Відповідно до цієї теорії присутність кріопротекторів збільшує хімічний потенціал і білка, в результаті чого білок стає більш стійким до



дисоціації і денатурації, за збільшення термодинамічно несприятливої площі поверхні контакту між білком і кріопротектором;

– вибіркова гідратація молекул білка через функціональні – ОН або іоногенних групи; при цьому зменшується кількість води, що втрачається білком при заморожуванні;

– знижена мобільність молекул води в навколишньому білку незамороженої фази завдяки підвищенню в'язкості і переходу в склоподібний стан.

На відміну від медицини, де досліджують зразки біопрепаратів – сперму, яйцеклітини або ембріони, застосування кріопротекторів у виробництві заморожених харчових продуктів обмежена труднощами їх внесення в харчові продукти. Якщо врахувати, що міграція кріопротекторів вглиб продукту відбувається виключно завдяки дифузії (як у випадку полуниці або суніці), то процес їх внесення відбувається занадто повільно, що диктує необхідність подрібнення продукту (наприклад, як в процесі приготування сурімі). Інша проблема пов'язана з тим, що кріопротектор надає продукту солодший смак, що небажано для непідсолоджуваних продуктів.

---

### **Запитання для самоперевірки**

---

1. Який вміст вологи у заморожуваних харчових продуктах?
2. Як впливає заморожування і холодильне зберігання на якість харчових продуктів?
3. Які існують механізми зв'язування вологи в харчовому продукті?
4. Як змінюється температура в харчовому продукті під час заморожування?
5. Яка рідина називається переохолодженою?
6. Якою буває нуклеація?
7. Які бувають стани двокомпонентного розчину?
8. Як впливає швидкість на структуру кристалів льоду?
9. Коли досягається склоподібний стан в заморожених харчових продуктах?

## РОЗДІЛ 2. ВПЛИВ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ

### 2.1. Характеристика анабіозу

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

Анабіоз спостерігається при різкому погіршенні умов існування (низька температура, відсутність вологи тощо). 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.

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

При анабіозі організму вищих тварин слід урахувувати 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.

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

Дійсного анабіозу клітин можна досягти коли у лід перейде вся вільна волога у тканинах, затвердіє вуглекислота ( $-78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) та кисень ( $-218,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), що виключає можливість протікання обмінних процесів.

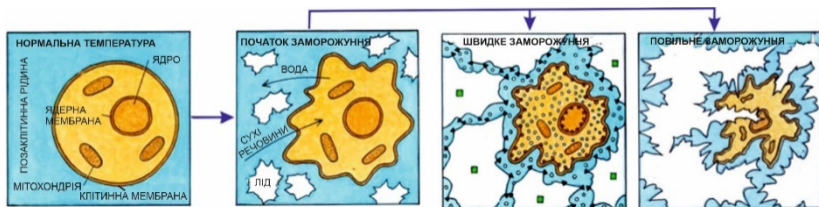


Рис. 2.1. Вплив процесу заморожування на клітину

## 2.2. 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.

*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 та заморожуванні харчових продуктів має істотний вплив на ушкоджувальні фактори. Основним засобом запобігання температурному шоку є повільне зниження температури об'єкту.

## 2.3. Вплив швидкості зниження температури на біологічні об'єкти

Залежно від швидкості зниження температури об'єкта охолодження буває повільним, швидким і надшвидким (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

## Режими зниження температури об'єкта охолодження

Охолодження	Тривалість	Швидкість зниження температури
Дуже повільне	Кілька годин	Не більше як 10 °C за 1 год
Повільне	1 год...10 хв	10 °C за 1 год – 10 °C за 1 хв
Швидке	10 хв...1 хв	10...60 °C за 1 хв
Дуже швидке	60 с...10 с	100 °C за 1 хв – 100 °C за 1 с
Надшвидке	Менше як 5 с	Понад 100 °C за 1 с

Дослідні спостереження свідчать про те, що багато органічних речовин і деякі біологічні об'єкти краще зберігаються за швидкого і надшвидкого заморожування. Наприклад, диски концентрованого желатинового гелю, швидко заморожені в рідкому повітрі, не змінюються в результаті кристалоутворення, а також під дією ушкоджувальних факторів. Яєчний жовток втрачає біологічну активність після заморожування до  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , але не ушкоджується у разі заморожуванні в рідкому азоті й швидкого відтавання в теплій ртуті.

У ряді випадків активність ферментів зберігається значною мірою за швидкого чи надшвидкого заморожування. У живих клітинах за повільного зниження температури можуть виникати катаболічні реакції, що призводять до утворення токсичних продуктів. У разі швидкого охолодження залишається менше часу для впливу сольових розчинів на структуру білка. Мікроскопічні дослідження біологічних об'єктів також показали, що їхня структура зберігається краще, якщо швидше проводиться заморожування. Позитивні результати надшвидкого заморожування мікроскопічних за розміром живих об'єктів стали підтвердженням переваги високих швидкостей заморожування.

Збереження життєздатності деяких біологічних об'єктів за їх надшвидкого заморожування зумовлено вітрифікацією (склоутворенням) води у протоплазмі клітин і наступною девітрифікацією (розкluванням) за швидкого утеплення. Справді, під час вітрифікації та девітрифікації протоплазми не відбувається перегрупування молекул води, що сприяє збереженню тонкої структури протоплазми клітин.

*Вітрифікація* — це глибоке переохолодження рідини, у якій відсутні кристалічні решітки. Затвердінню рідини в аморфному, склоподібному стані сприяє збільшення її в'язкості за зниження температури, яке утруднює перегрупування молекул у кристалічні структури. Для біологічних об'єктів обов'язковими умовами

вітрифікації раніше вважали їхнє попереднє часткове зневоднювання в концентрованих розчинах захисних речовин, що веде до підвищення в'язкості протоплазми, і високу, близько кількох сотень градусів за 1 с, швидкість охолодження.

Дослідження біологічних об'єктів за допомогою електронної мікроскопії та рентгеноструктурного аналізу показали, що у разі охолодження з максимально доступною швидкістю вони завжди містять поряд з аморфною масою затверділої рідини дрібні кристали льоду.

Численна група об'єктів тваринного походження не переносить швидкого і надшвидкого охолодження. Експериментально встановлено, що за глибокого охолодження життєздатність клітин і тканин можна зберегти ступінчастим заморожуванням: спочатку повільно до температури  $-30^{\circ}\text{C}$ , а потім швидко — до нижчих температур.

Внаслідок використання захисних речовин під час заморожування реакція біологічного об'єкта на швидкість охолодження змінюється і стає можливим застосування дуже високих швидкостей заморожування. Наприклад, шкірна тканина в 12...17 % розчині гліцерину зберігає життєздатність за будь-яких комбінацій заморожування і відтавання, що свідчить про її дуже високу стійкість до низьких температур. Добрі результати отримані під час заморожування еритроцитів у 25...30 % розчині гліцерину і повільному заморожуванні до  $-79^{\circ}\text{C}$ . Після цього можливе швидке охолодження до  $-196^{\circ}\text{C}$ . Для консервування клітин кісткового мозку також рекомендоване двостадійне охолодження: від 0 до  $-15^{\circ}\text{C}$  зі швидкістю  $1^{\circ}\text{C}$  за 1 хв, а потім до  $-196^{\circ}\text{C}$  зі швидкістю 40...60  $^{\circ}\text{C}$  за 1 хв. Як захисні речовини використовуються гліцерин, полівінілпіролідон і поліетиленоксид.

---

#### **2.4. Вплив низьких температур на мікроорганізми**

---

Розрізняють три групи мікроорганізмів по відношенню до температурних умов:

- термофіли (20...80  $^{\circ}\text{C}$ );
- мезофіли (5 ... 57  $^{\circ}\text{C}$ );
- психрофіли (від +10 до  $-10^{\circ}\text{C}$ ).

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 невеликою кислотністю – м'ясі, рибі, некислих молочних і овочевих продуктах при  $-5...-8$  °C.

*Більшість плісняв* – психрофільні, вони досить активно розвиваються на заморожених продуктах. Плісняви, так само як і дріжджі, розмножуються головним чином на слабо кислих продуктах. Будучи аеробами, плісняви ростуть аж до температури  $-2...-3$  °C, при більш низькій температурі їх розмноження припиняється. Але окремі види цвілі припиняють розмноження лише при  $-8...-10$  °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 прискороного 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 °C всього 1 годину.

Мікроорганізми бувають чутливими, помірностійкими 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 температури;
- часу впливу.

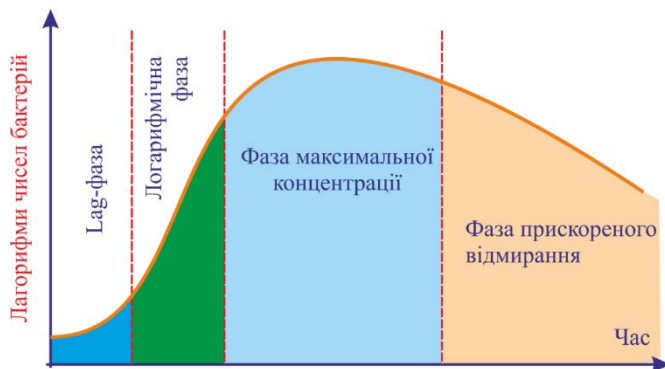


Рис. 2.2. Динаміка розвитку і життєдіяльності бактерій

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 температури;
- 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  $-10^{\circ}\text{C}$  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  $-8^{\circ}\text{C}$  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 фруктово-ягідних соках, що зберігаються при температурі вище  $-8^{\circ}\text{C}$ , утворюється продукт життєдіяльності дріжджів – спирт.

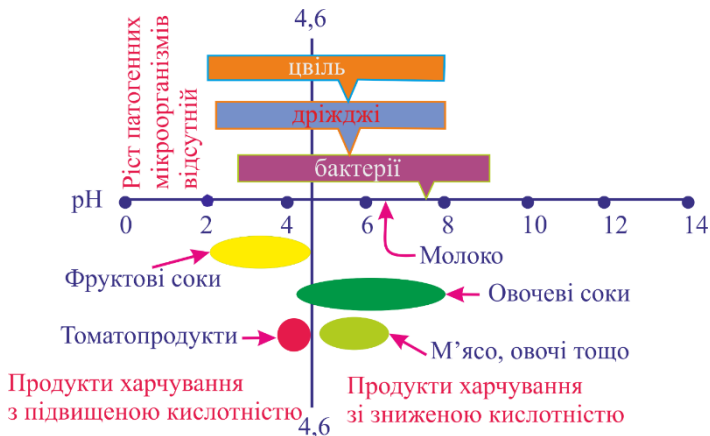


Рис. 2.3. Розвиток мікроорганізмів та бактерій в залежності від рН

### Запитання для самоперевірки

1. Що собою являє анабіоз?
2. В чому полягає руйнівна дія низьких температур на біологічні об'єкти?
3. Як впливає швидкість зниження температури на біологічні об'єкти?
4. Яка дія низьких температур на мікроорганізми?
5. Як розвиваються мікроорганізми та бактерії в залежності від рН в харчових продуктах?



## РОЗДІЛ 3. МІКРООРГАНІЗМИ І ХОЛОД

### 3.1. Загальні відомості

Мікроорганізми, які є живильним середовищем для розвитку дріжджів, плісневих грибів і бактерій, виділяють у довкілля екзоферменти, у результаті дії яких склад продуктів значно змінюється. Так само негативно діють ендоферменти, що вивільняються за відмирання мікроорганізмів. У процесі розмноження мікроорганізмів у харчовому продукті органічні речовини розпадаються і накопичуються метаболіти, іноді отруйні, різні продукти гідролітичних і окисних реакцій, що негативно позначається на якості продукту – змінюються його колір, запах, консистенція і живильна цінність. Зазначені зміни залежать від кількісного і якісного складу мікрофлори продукту і від навколишнього середовища.

### 3.2. Мікрофлора повітря

Джерелами мікрофлори повітря в основному є ґрунтовий покрив, людина і тварини. Видовий склад мікрофлори повітря визначається місцевими джерелами забруднення. Найбільше забруднення повітря спостерігається в приземних шарах атмосфери. Кількісний і якісний склади мікрофлори повітря значно залежать від характеру ґрунтового і водяного покривів, загального санітарного стану місцевості, сезонних, метеорологічних і кліматичних факторів.

Основу мікрофлори повітря становлять сапрофіти, найстійкіші до дії ультрафіолетових променів і висихання, пігментні й споротвірні форми бактерій, а також спори плісневих грибів і дріжджів. У деяких випадках повітря містить і патогенні бактерії. Найчастіше у повітрі містяться пігментотвірні мікрококи і сарини, споротвірні палички, дріжджі *Torula*, а також плісневі гриби *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Actinomyces*.

Важливо зазначити, що ґрунтовий покрив, який значною мірою визначає видовий склад мікрофлори повітря, містить багато психрофілів, що можуть існувати в холодильних камерах. У повітрі холодильних камер 50 % бактерій становлять палички, 35 — коки і 15 % — сарцини.

Крім того, повітря є основним джерелом плісневих грибів. Якщо температура холодильних приміщень підприємств вище  $-10^{\circ}\text{C}$ , психрофіли перебувають у активному стані і у процесі розмноження на продукті скорочується лаг-фаза росту.

Санітарні вимоги до стану повітря на різних підприємствах харчової промисловості залежать від виду продукту, умов його зберігання і термінів реалізації.

---

### **3.3. Мікрофлора продуктів**

---

#### ***3.3.1. Продукти рослинного походження***

---

У плодах і овочах, що зберігаються навіть за низьких температур, містяться речовини, що активно діють на мікробну інфекцію. Продукти рослинного походження містять фітонциди різної активності. Значний масив експериментальних даних свідчить, що такі овочі, як цибуля, часник і хрін, виділяють бактерицидні речовини, що вбивають дизентерійні, тифозні й кишкові палички, протей, стафілококи, а також холерні та парахолерні вібріони. Фітонциди шкірки і м'якоті цитрусових, бананів, гранатів і яблук, а також ягід згубно діють на різні бактерії, плісеневі гриби, патогенні найпростіші. Сильна бактерицидна дія властива ефірним оліям цитрусових плодів. Багато плодів укриті восковим нальотом чи пушком, що заважає проникненню мікроорганізмів усередину плоду.

Плоди й овочі можуть бути джерелом патогенної і токсичної мікрофлори. Особливо поширені різні збудники кишкових захворювань, що цілком не відмирають навіть за тривалого зберігання. Продукти рослинного походження, що містять мало органічних кислот, можуть одночасно піддаватися дії як плісневих грибів, так і бактерій. За високої кислотності продуктів рослинного походження на них спочатку розвиваються дріжджі та плісеневі гриби. Після того як дріжджі і плісеневі гриби руйнують кислоти, змінюючи рН, починається розвиток бактеріальної мікрофлори.

У процесі зберігання заморожених фруктів, овочів і ягід бактерії поступово відмирають. Причому першочергово гинуть неспоріві палички, у тому числі бактерії кишкової групи, стійкіші мікрококи, стафілококи і спорові. Проте, навіть за тривалого зберігання заморожених фруктів, овочів і ягід повне відмирання не відбувається. У разі відтанення ці мікроорганізми починають інтенсивно розмножуватися, спричиняючи псування продукту. Варто пам'ятати, що стійкість продуктів рослинного походження у процесі зберігання залежить від ступеню їхньої первинної зараженості.

---

#### ***3.3.2. Продукти тваринного походження***

---

У перші години після забою худоби глибинні шари м'яса практично стерильні. На поверхні туші видовий склад мікрофлори різноманітний:

це ґрунтові бактерії (коки, бацили, клостридії), бактерії кишечника (*E. coli*, рід *Pseudomonas*, *Proteus*), а також різні плісеневі гриби. Розмножуючись і накопичуючись на поверхні туші, вони поступово проникають у товщу м'яса і спричиняють процеси псування. За низьких температур процес проникнення мікроорганізмів у глибинні шари м'яса сповільнюється. Наприклад, за температури 2...4 °С бактерії проникають на глибину 1 см протягом 1 міс. Розвиток гнильних бактерій затримується в результаті анаеробного розпаду глікогену.

У процесі зберігання м'яса у камерах охолодження мікрофлора певний час залишається без змін завдяки утвореному на поверхні туші підсохлому шару, що перешкоджає розвитку мікроорганізмів. Надалі мікрофлора м'яса піддається значним якісним змінам: мезофіли відмирають і розвиваються психрофіли. При цьому переважними видами стають палочкоподібні неспоріві, грамнегативні бактерії з родів *Pseudomonas* і *Achromobacter*, здатні розмножуватися за температури 0...-5 °С, а окремі види — навіть за -8...-9 °С. В аеробних умовах зберігання охолодженого м'яса ці бактерії є основним збудником його псування. Спочатку виростають окремі колонії на вологіших поверхнях продукту, потім утворюється суцільний слизуватий наліт сірого, зеленуватого чи бурого кольору. Зміна забарвлення м'яса свідчить про те, що в результаті окисно-відновних реакцій, спричинених життєдіяльністю мікрофлори, змінюється стан міоглобіну.

Наростання кількості бактерій не тільки спричиняє зміну зовнішнього вигляду м'яса, а й додає не властиві йому запах і смак. Проте отруйні й шкідливі продукти, як правило, не утворюються. Розвиток мікрофлори молока відбувається за кілька фаз. Бактерицидна фаза характеризується тим, що безпосередньо після доїння корів мікроорганізми в молоці не розвиваються і навіть частково відмирають у результаті дії особливих речовин (лактенинів, лактопероксидази і лізоцимів). Негайне охолодження молока після доїння може продовжити бактерицидну фазу до 24—48 год. Фаза розвитку змішаної мікрофлори характеризується розвитком мікроорганізмів, що потрапили в молоко. Фаза розвитку молочнокислих бактерій характеризується швидким наростанням кислотності в результаті збродження лактози в молочну кислоту. Подальше підвищення кислотності спричиняється відмиранням молочнокислих стрептококів і розвитком молочнокислих бактерій, менш чутливих до кислоти. У результаті підвищення рН створюються умови для розвитку гнильних і маслянокислих бактерій, і молоко стає непридатним для вживання.

---

### 3.3.3. Рибопродукти

---

М'ясо риб має більш рихлу консистенцію, ніж м'ясо теплокровних тварин, оскільки в м'язах риб менше сполучної тканини, а це сприяє розповсюдженню мікроорганізмів в тілі риби. Кількість і склад поверхневої мікрофлори тільки що виловленої риби можуть значно коливатися залежно від породи і виду риби, характеру водоймища, сезону, району і техніки лову. На 1 см<sup>2</sup> поверхні виявляється зазвичай 10<sup>2</sup>...10<sup>4</sup> бактерій, а іноді і більше. В основному це водні мікроорганізми. Серед них переважають аеробні, безспорові, грамнегативні паличкоподібні бактерії родів *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*. Зустрічаються мікрококи і коринеформні бактерії, рідше спороутворюючі бактерії, дріжджі і актиноміцети. Багато хто з вказаних бактерій є гнильними, кислотоутворюючими і жиророзщеплювальними формами, вони холодостійкі.

Головними збудниками псування охолодженої риби є бактерії роду *Pseudomonas*. Викликаючи гнильні процеси, вони утворюють значні кількості летких з'єднань, зокрема триметиламін, що обумовлює появу специфічного неприємного запаху характерного для зіпсованої риби. Псевдомонади не тільки швидше за інших бактерій розмножуються, але і мають вищу біохімічну активність по відношенню до білкових речовин і жиру. До моменту псування охолодженої риби псевдомонади складають основну масу (до 80...90 %) її мікрофлори. Найбільш активними з них є *Pseudomonas putrifaciens*, *P. fragi*, *P. fluorescens* – продуценти сірководня, аміаку і триметиламіна.

В процесі заморожування багато мікроорганізмів, що містяться на рибі, гинуть, але деякі виживають. Одні з них в процесі подальшого зберігання поступово відмирають, інші тривало зберігаються життєздатними, при цьому мікробів зберігається тим більше, чим нижче температура зберігання. Так, в замороженому палтусові при температурі зберігання – 10 °С впродовж 115 діб виживало близько 6 % бактерій від тих, що залишилися після заморожування, при – 15 °С – близько 17, а при –20 °С – 50 %.

Відносно впливу швидкості заморожування на живучість мікроорганізмів єдиної думки не існує. Проте нерідко спостерігається, що при температурах, близьких до кріоскопічних, швидке заморожування продукту менш згубно для мікроорганізмів, ніж повільне. Відомо, що температурні межі від –1 до –8 °С є найбільш несприятливими для мікроорганізмів, тому швидке проходження цієї зони при заморожуванні обумовлює краще збереження клітин мікроорганізмів.

Загибель мікроорганізмів при заморожуванні і в заморожених продуктах відбувається під впливом багатьох несприятливих для них чинників.

На замороженій рибі виявляють переважно різних мікрококів; паличкоподібні спороутворюючі та бактерії, спори цвілі зустрічаються в невеликих кількостях.

При розморожуванні, особливо повільному, відбувається загибель деяких мікробів, але неушкоджені починають швидко розмножуватися. У зв'язку з цим розморожувати продукт слід безпосередньо перед використанням. У псуванні охолодженої риби беруть також участь, хоча і в значно меншому ступені, бактерії родів *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*.

---

### **Запитання для самоперевірки**

---

1. Наведіть основний склад мікрофлори повітря?
2. Яка мікрофлора характерна для продуктів рослинного походження?
3. В чому особливість розвитку мікрофлори продуктів тваринного походження?
4. В чому особливість мікрофлори рибопродуктів?

## РОЗДІЛ 4. ОХОЛОДЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

### 4.1. Способи охолодження харчових продуктів

**Охолодження харчових продуктів** – процес відводу від них теплоти із зниженням температури до рівня, близького до криоскопічної точки. Швидкість охолодження продуктів повинна бути максимальною, що гарантує краще збереження їх якості і найменшу втрату маси.

Між охолодженням і заморожуванням є принципова і суттєва різниця, не дивлячись на те, що в обох випадках обробка продукту ведеться за допомогою холоду. При охолодженні намагаються не нанести їм ніяких механічних пошкоджень і зберегти їх цілісність і життєздатність клітин. При цьому способі консервування харчові продукти охолоджують до температур, близьких до 0 °С, але не нижче точки замерзання.

Продукти охолоджують у випадках відносно короткого терміну їх зберігання (до 10...15 діб), причому охолоджені продукти за своїми властивостям майже не відрізняються від неохолоджених.

Охолодження дуже часто є одним з етапів технологічного процесу виробництва різноманітних харчових продуктів. Охолодженню піддають карамель, глазури та шоколад з метою переведення їх з пластичного стану в твердий у кондитерському виробництві; маргаринову емульсію перед кристалізацією; пивне сушло та пиво перед освітленням; патоку та глюкозу після вакуум-випарювання з метою запобігання колірності ковбаси після термічної обробки; вина з метою прискорення їхнього визрівання та стабілізації; молочні продукти (масло, сир) тощо.

**Підморожування** – процес охолодження продуктів до середньооб'ємної температури на 1...3 °С нижче криоскопічної. До підморожування звертаються у тих випадках, коли необхідно продовжити термін зберігання харчових продуктів. При цьому тільки невелика частина води, наявна у продукті, перетворюється у лід. (Кріоскопічна температура або температура початку замерзання харчових продуктів залежить від масової частки вологи і властивостей харчового продукту).

За фізичним принципом відводу тепла *способи охолодження* можна поділити на такі три групи:

- відведення тепла теплопровідністю, конвекцією і радіацією;
- відведення тепла за рахунок випаровування води з поверхні продукту, найінтенсивніше протікає в вакуумі;

– охолодження в результаті фазового перетворення охолоджуючого середовища (льоду) і подальшого конвективного тепловідведення з поверхні об'єкта.

*До першої групи* способів можна віднести охолодження продуктів повітрям або рідким середовищем. У зв'язку з тим, що при охолодженні в повітрі відбувається випаровування вологи з поверхні продукту і, як наслідок, втрата маси, рекомендується в ряді випадків використання вологонепроникну упаковку. Даний спосіб широко застосовується на практиці, оскільки охолоджуюче середовище є природним, проте вимагає зниження температури. Охолодження нестисливою рідиною найбільш ефективно, оскільки коефіцієнт тепловіддачі від неї значно вище, ніж від повітря. В цьому випадку рекомендується застосування вологонепроникної упаковки, оскільки при зіткненні продукту з рідиною можлива екстракція поживних речовин з продукту, а також поглинання продуктом охолоджуючої рідини, що може призводити до значного погіршення його якості. Можна відзначити, що в великих супермаркетах успішно застосовується охолодження в насиченому вологому повітрі в прилавках з зеленню, фруктами і овочами. Застосування даного способу дозволяє скоротити тривалість охолодження, усушку і поліпшити товарний вид продукції.

*До другої групи способів* можна віднести охолодження в вакуумі. Охолодження з застосуванням вакууму здійснюється в спеціальних установках, в яких створюється розрідження до 0,8...1,9 кПа. У цих умовах відбувається інтенсивне випаровування вологи з поверхні продукту, в результаті чого за рахунок виділення прихованої теплоти випаровування продукт швидко охолоджується. Шляхом випаровування вологи (1...2%) плоди охолоджуються за 12...20 хв, незалежно від об'єму тари. Даний спосіб найбільш ефективний для продуктів, що мають розвинену поверхню випаровування (наприклад, зелень овочі). Недоліком даного способу є складність в експлуатації і висока вартість обладнання.

*До третьої групи* способів відноситься охолодження в подрібненому, так званому «лускатому» льоду. При таненні льоду від продукту відводиться теплота, а тала вода, стікаючи по поверхні продукту, додатково відводить тепло за рахунок конвективного теплообміну. Таким способом охолоджують рибу для швидкої реалізації в торговельній мережі.

---

## **4.2. Охолодження овочів і фруктів**

---

Після попередньої технологічної та товарної обробки плодоовочеву продукцію, призначену для подальшого транспортування або

зберігання, необхідно охолодити в найкоротші терміни до температури, що забезпечує максимальне збереження якісних показників сировини. Температура охолоджуючої середовища і задана кінцева середньооб'ємна температура холодильного зберігання, до якої ведеться процес охолодження, – основний фактор, від якого залежить ефективність холодильної обробки всіх видів сировини. У період охолодження необхідно знизити температуру продукції до такого рівня, при якому інтенсивність життєдіяльності та розвиток мікроорганізмів мінімальні і в той же час в продукції не відбуваються небажані фізіологічні зміни, що знижують її якість.

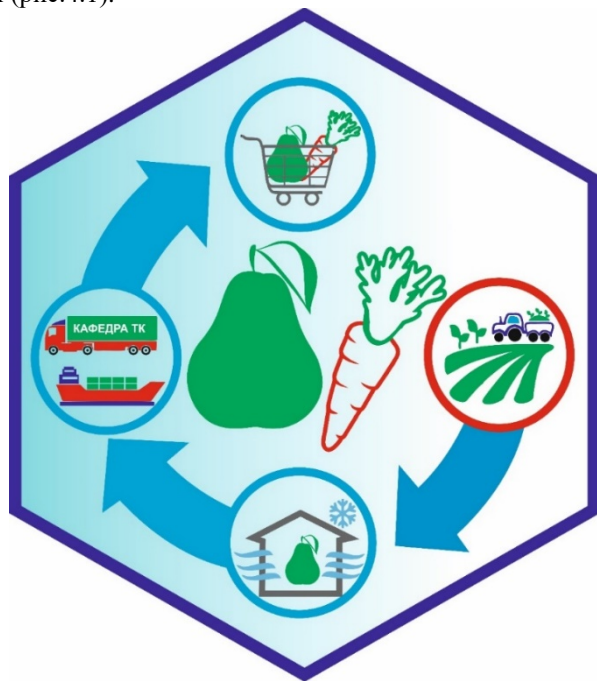
Початковим етапом холодильної обробки плодів, ягід і овочів є попереднє охолодження, що представляє собою процес швидкого зниження температури продукції від початкової до кінцевої, необхідної при наступних технологічних операціях. Попереднє охолодження дозволяє знизити інтенсивність дихання плодів і овочів і пов'язаних з ним біохімічних процесів, запобігти значним втратам маси і розвиток фітопатогенних мікроорганізмів. Швидке охолодження не тільки сповільнює розвиток бактерій, цвілевих грибів і дріжджів, сприяє стійкості охолоджених плодів та овочів до збудників хвороб. Охолодження рослинних продуктів безпосередньо після збору забезпечує збереження їх харчової та біологічної цінності, смакових якостей, товарного вигляду, скорочує втрати плодоовочевої продукції від усушки і псування, що в підсумку підвищує рентабельність подальшого транспортування і холодильного зберігання продукції.

Плоди та овочі, знімна зрілість яких збігається із споживчою (ягоди, вишня, черешня, огірки, зелені овочі), необхідно охолоджувати швидко – за 1...5 год. Плоди, що досягають споживчої зрілості в процесі тривалого зберігання (зимові сорти яблук, груш тощо), можна охолоджувати впродовж 20...24 год.

Ефективність попереднього охолодження продуктів в значній мірі визначається вибором способу і технологічного режиму його проведення. Велика кількість видів і сортів плодоовочевої продукції, специфічні умови її вирощування визначають різноманітність режимів попереднього охолодження. Важливу роль у встановленні режиму охолодження мають такі чинники, як уповільнення післязбирального дозрівання і старіння плодів, швидкість і ступінь інгібування мікрофлори ягід, допустимий проміжок часу між збором продукції і початком її охолодження. Останній фактор для більшості плодів, ягід і овочів не перевищує 4 год. Попереднє охолодження овочів проводять як перед транспортуванням, так і перед закладкою продукції на зберігання.



Сучасний підхід холодильного оброблення продуктів рослинного походження передбачає запровадження безперервного холодильного ланцюга (детальніше у розділі 11) на шляху від виробництва до реалізації (рис.4.1).



*Рис.4.1.* «Холодильний ланцюг» при зберіганні продуктів рослинного походження

Першою ланкою є швидке охолодження продукції ще в полі, відразу після збору врожаю.

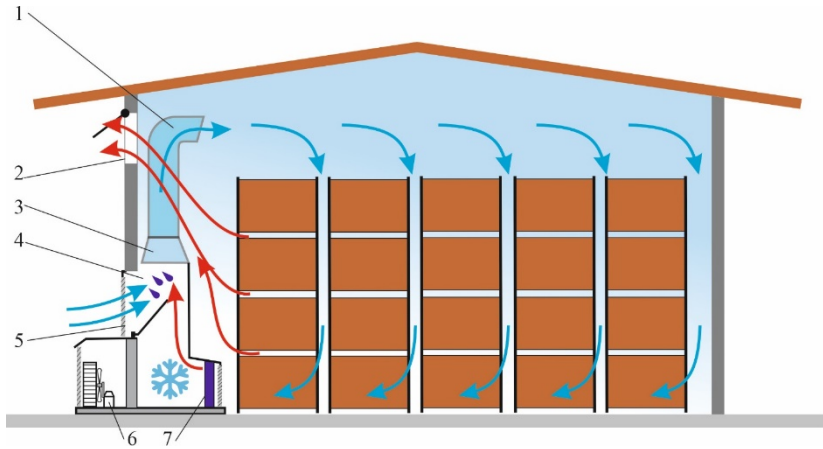
Наступним етапом є транспортування в умовах охолодження, зберігання в охолоджену стані на оптових базах, в роздрібних торгових мережах і також, в домашніх умовах. Температурний оптимум зберігання для кожного виду плодів та овочів коливається у широких межах і залежить від комплексу факторів. Більшість плодів садових культур найкраще зберігається при температурі близькій 0 °С. Вважається, що з підйомом температури зберігання на кожні 10 °С темпи псування продукції прискорюються у 2...3 рази. Проте, багато видів плодоовочевої продукції не переносять знижених температур

зберігання. Температурний оптимум зберігання чутливої до охолодження продукції субтропічного походження (огірки, томати, дині, солодкий перець, баклажани) близько 8 °С, тропічного (кавуни) – близько 12 °С.

Оптимальна вологість повітря для більшості видів плодів знаходиться в межах 85...95 %, а овочів 95...98 %. Цибуля, часник, гарбузи найкраще зберігаються за відносної вологості близько 75 %. Ніжні коренеплоди, зелені овочі при 98...100 %. Зниження відносної вологості повітря нижче оптимальної призводить до зростання природних втрат маси, але для цибулинних овочів надмірна вологість призводить до розвитку гнилей. Суттєві відмінності у фізіологічних показниках, біохімічному складі та морфологічній будові між різними групами і навіть сортами плодів та овочів не дозволяють розробити уніфіковані методи і способи їх зберігання.

Для охолодження продукції рослинного походження на діючих підприємствах в нашій країні застосовують батарейну, батарейно-повітряну, повітряну і панельну системи охолодження з безпосереднім кипінням холодоагенту. При батарейній, батарейно-повітряній і панельній системах охолодження зниження температури досягається шляхом безпосереднього контакту повітря камер з охолоджувальною поверхнею батарей і панелей. При повітряній системі – шляхом подачі холодного повітря в камеру повітроохолоджувачем, встановленим за межами камери. При батарейному охолодженні холодоагент подають в батарею, розташовану безпосередньо в камері, по всьому об'єму якої спостерігається нерівномірний розподіл температури. Батарейних-повітряне охолодження має переваги перед батарейним способом, так як в даному випадку здійснюється контакт повітря камер з охолоджувальною поверхнею батарей, а також подача холодного повітря за допомогою повітроохолоджувачів. Така система охолодження дозволяє знизити градієнт температур до 0,5...1 °С. Разом з тим навіть при батарейних-повітряному охолодженні «снігова шуба» на випарнику наростає швидко, тому стабільність температурно-вологісного режиму в камері також порушується. Для усунення цього недоліку застосовують швидке відтавання поверхні випарників охолоджуючих приладів.

Сучасні підприємства переважно основну масу картоплі, фруктів та овочів зберігають у контейнерах. Зберігання таким способом переважно для багатьох продуктів, так як тиск, який чиниться на нижню частину контейнера, набагато менше, ніж при зберіганні насипом. Не варто забувати про простоту завантаження/розвантаження контейнерів, що значно оптимізує логістику складу (рис. 4.2).



*Рис. 4.2.* Комплексна змішувальна камера для холодильного зберігання в контейнерах:

1– розподільні труби; 2– заслінка випуску повітря; 3– вентилятор розподілу повітря в сховищі; 4– зволожувальні панелі; 5– заслінка для випуску зовнішнього (холодного) повітря; 6– конденсатор холодильної установки; 7– панель контрольної системи.

Переваги холодильного зберігання контейнерним способом такі:

- різні види продуктів можна зберігати в одній камері;
- оперативність завантаження/розвантаження продукції;
- простота адаптування старих сховищ під контейнерний вид зберігання.

Технологічний режим охолодження характеризується регламентованими параметрами по температурі, вологості, швидкості руху і кратності обміну повітря, що охолоджує, а також кінцевої середньоб'ємною температурою продукту і тривалістю процесу. Необхідні параметри охолоджуючої середовища забезпечуються системою вентиляції й її складової всередині камери системою розподілення повітря. У разі застосування штучного охолодження повітря вона доповнюється системою холодопостачання. Швидкість потоку охолоджуючої середовища, кратність її циркуляції, система розподілу повітря забезпечують повітрообмін в камері. Обмін повітря в сховище означає його вентиляцію і циркуляцію.

*Вентиляція* – це надходження повітря в сховище ззовні. Вентиляція необхідна для підтримки певної температури, вологості і газового

складу повітря в сховище і забезпечується подачею в нього повітря необхідних для цього параметрів.

*Циркуляція* – рух повітря всередині сховища навколо плодів і овочів, тобто внутрішній обмін. Від швидкості руху циркулюючого повітря в камері залежить тривалість охолодження продукції. Циркуляція повітря збільшує коефіцієнт тепловіддачі, усуває застій повітря, вирівнює температуру і відносну вологість як в цілому за обсягом камери, так і всередині штабеля вантажу. Вона вимірюється числом переміщень обсягу повітря камери в 1 годину (кратність циркуляції).

*Кратність* циркуляції залежить від кількості відведеного від продукту тепла і відносної вологості повітря в камері або сховище. Кількісна характеристика цих параметрів визначається видом рослинної продукції та їх індивідуальними особливостями.

*Розрізняють вентиляцію природну і примусову (механічну)*, до якої також відносять активну вентиляцію. *Природна вентиляція* діє за законом теплової конвекції. Повітря, що знаходиться в масі плодовоовочевої продукції, нагріваючись внаслідок тепловиділення при диханні, розширюється, робиться легше і разом з парами води рухається вгору і видаляється через витяжні труби або шахти, а холодне повітря, як більш щільний і важкий, проникає в сховище через припливні труби, двері, люки, вікна і канали. Швидкість руху повітря, а отже – ефективність вентиляції, тим більше, чим вище різниця температур видаляється і повітря, що поступає і більше відстань по висоті між гирлом витяжних труб або шахти і припливним отвором.

*Примусова вентиляція*, здійснювана за допомогою вентиляторів, в тому числі – через масу продукції за методом активного вентилювання, дозволяє регулювати температуру і вологість повітря в великих сховищах більш гнучко навіть при великій висоті штабеля вантажу і більш ефективно з урахуванням виду продукції, що зберігається. При цьому ємність сховищ використовується економічніше, зменшуються втрати, подовжуються терміни зберігання овочів і плодів. Застосовують вентилювання безперервного і періодичного (циклічного) дії.

*Активна вентиляція* передбачає посилене рівномірне періодичне продування маси продукції від низу до верху повітрям з необхідними швидкістю, температурою і вологістю. При цьому зовнішнє повітря може подаватися безпосередньо в масу продукції, минаючи повітря сховища, або з підмішуванням його в помірно холодну погоду (часткова рециркуляція). При низьких температурах зовнішнього повітря вентиляцію проводять тільки повітрям сховища (повна циркуляція) або

частковим підмішуванням зовнішнього повітря до досягнення необхідної температури.

Принципові особливості та переваги системи активної вентиляції полягають в наступному. Швидкість руху повітря в масі продукції визначається в основному її видом і станом, а також періодом зберігання, системою вентилявання, потужністю вентиляторів і іншими факторами. У головному повітророзподільній каналі системи циркуляції швидкість повітряного потоку не перевищує 8...10 м/с, в які відходять від головного бічних каналах і відкриваються з них щілинах в підлозі сховища – 4...5 м/с. Мінімальна швидкість повітряного потоку в самій масі картоплі, коренеплодів і цибулі становить 0,1...0,15 м/с, максимальна – 0,5 м/с.

Швидкість руху повітря в насипу при активному вентиляванні залежить від співвідношення між фізичною та насипною густиною, тобто від пористості насипу, що становить для більшості рослинних продуктів 0,35...0,47. За інших рівних умов інтенсивність тепло- і масообміну між повітрям і сировиною зростає зі збільшенням активної поверхні продукту в насипу. Так, поверхня 1 т картоплі в середньому становить 150 м<sup>2</sup>, капусти – 65 м<sup>2</sup>, моркви – 150...170 м<sup>2</sup>, цибулі ріпчастої – 160...170 м<sup>2</sup>.

Режими підготовчого періоду та періоду охолодження картоплі та овочів в умовах активного вентилявання представлені в табл. 4.1 і 4.2. При повітряному охолодженні в стаціонарних камерах холодильного зберігання середня швидкість руху повітря становить 1...1,5 м/с, а кратність його циркуляції – 20...40 обсягів порожньої камери в годину. Овочі, плоди та ягоди в тарі, встановленої штабелем, в камері з температурою повітря 0 °С і відносною вологістю 85...95 %, при циркуляції повітря зі швидкістю 3...4 м/с, охолоджуються від початкової температури продукту 25 °С до кінцевої 2 °С за 20...24 години. У тунельних камерах попереднього охолодження або камерах іншого типу при швидкостях руху повітря 3...4 м/с кратність циркуляції повітря підвищується до 60...100 обсягів/год.

Тривалість охолодження залежить від виду рослинної продукції, способу охолодження і становить від кількох хвилин до кількох годин або доби. Повітряне охолодження плодів та овочів проводять перед короткостроковим або тривалим зберіганням у спеціалізованих холодильних камерах або тунелях до кінцевої температури 2...15 °С враховуючи індивідуальні особливості кожного виду рослинної сировини. Тому тривалість охолодження становить від 3...5 до 80...100 хв і більше.

Таблиця 4.1

## Режими підготовчого періоду для картоплі та овочів в умовах активного вентилявання

Продукція	Етап осушування						Етап лікувальний (для цибулі та часнику - прогрів)					
	Температура маси, °С	Тривалість, год	Характер вентилювання	Витрати повітря, м³/год	Температура повітря, °С	Відносна вологість	Температура маси продукції, °С	Тривалість, год	Характер вентилювання	Витрати повітря, м³/год	Температура повітря, °С	Відносна вологість
Картопля	12...18	48...72	Б	50...250	8...15	80	12...18	168...288	П	50...250	12...18	80...100
Коренеплоди: буряк, редька, ріпа, морква	7...13	48...72	Б	50...150	4...10	80	7...10	168...288	П	50...250	7...10	80...100
Капуста білоголова	10...15	48...72	Б	100...300	6...12	80						
Цибуля ріпчаста	15...35	34...72	Б	150...300	25...40	60						
Цибуля ріпчаста з листям	15...35	24...72	Б	150...400	25...40	60						
Цибуля насіньва	15...35	24...72	Б	250...400	25...40	60	40...42	12...24	Б	250...400	42...45	50...60
Часник	15...35	24...72	Б	250...400	25...40	60	40...42	12...24	Б	250...400	42...45	50...60
Часник насіньвий	15...35	24...72	Б	250...400	25...40	60	40...42	12...24	Б	250...400	42...45	50...60
Кавуни	10...25	24...48	Б	100...300	7...22	70						
Дині	10...25	24...48	Б	100...300	7...22	70						
Не проводять												

Примітка. Б – вентилявання безперервної дії, П – вентилявання періодичної дії.

Режими охолодження для картоплі та овочів в умовах активного вентилявання

Продукція	Температура продукції, °С		Тривалість охолодження, год	Витрати повітря, м³/год	Характер вентилявання	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Найбільша різниця між температурами повітря і продукції, °С
	На початку охолодження	В кінці охолодження						
Картопля	12...18	2...5	480...960	50...250	Б	-15...1	80...100	8
Коренеплоди: буряк, бруква, редька, ріпа, морква	7...13	0...1	120...360	50...250	Б	1...10	80...100	8
Капуста білоголова	10...15	-1...1	120...360	100...250	Б	-2...10	80...100	8
Цибуля ріпчаста	25...40	-3...2	120...360	100...250	Б	-4...22	60...75	-
Цибуля насіннева	25...40	6...12	120...360	100...250	Б	5...40	60...75	-
Часник	15...20	-3...-1	120...360	100...250	Б	-4...18	60...75	-
Часник насінневий	42...45	-3...-1	120...360	100...250	Б	-4...40	60...80	-
Кавуни	20...25	2...3	120...360	100...250	Б	1...20	80...90	8
Дині	20...25	0...1	120...360	100...250	Б	-1...20	85...95	8

Примітка. Б – вентилявання безперервної дії, П – вентилявання періодичної дії.

Особливе значення швидкість охолодження має для картоплі, відмінною рисою якої є різко виражена стадія глибокого біологічного спокою, тривалість якого після збирання може досягати 1,5 місяці. Зниження температури картоплі з 15 до 4 °С швидше, ніж за 10...20 діб призводить до фізіологічних захворювань бульб, що знижує споживчі властивості продукції. Найбільша допустима швидкість охолодження для картоплі має перевищувати 0,5...1 °С на добу. При тривалому охолодженні, що перевищує 40 діб, бульби картоплі починають проростати вже в період охолодження. Збільшення тривалості охолодження овочів може призвести до поразок різними захворюваннями вже під час охолодження сировини. Крім того, у післязбиральний період при підвищених температурах для картоплі та овочів характерна висока інтенсивність дихання, що веде до зайвої втрати сухих речовин, тому мінімально допустима швидкість зниження температури повинна становити не менше ніж 0,25 °С на добу.

Для отримання рослинної продукції високої якості одним із найважливіших показників є тривалість процесу доохолодження рослинної продукції до кінцевої середньооб'ємної температури зберігання. При однаковій тривалості попереднього охолодження ягід (3 год) збільшення періоду доохолодження з 2 до 15 год забезпечує приріст виходу стандартної продукції до кінця зберігання на 5...10 %. Для яблук подовження періоду доохолодження до 130...150 год забезпечує збільшення виходу стандартної продукції до 12...15 %.

З метою скорочення втрат маси та проведення швидкого охолодження (3...30 хв) до температури 0...6 °С для деяких плодів та овочів застосовують гідроохолодження. Тривалість охолодження залежить від виду продукції, початкової та кінцевої температури охолодження та способу гідроохолодження (зануренням або зрошенням). При гідроохолодженні методом занурення продукцію поміщають у ємність із водою температурою близько 0 °С, у якій за 20...30 хв охолоджується до 4...5 °С. За такого способу одночасно з поверхні продукції відбувається змив різних забруднень. Найбільш широко застосовується метод гідрозрошення, коли продукція у решітчастих ящиках встановлюється на роликовий транспортер, що рухається через тунель завдовжки 12...16 м, і зрошується холодною водою під тиском через розпилювальні форсунки. При використанні гідроохолодження, щоб уникнути мікробіологічного обсіменіння продукції, воду, як правило, додають антисептичні речовини.

Тривалість охолодження плодів та овочів з 30 до 3...5 °С у такій установці становить для черешні та редису — 6...8 хв, для абрикосів, слив, брюссельської капусти та моркви — 12...15 хв, для персиків, яблук, груш, цвітної капусти, томатів — 30...35 хв.



Для овочів, що мають велику поверхню випаровування, ефективнішим і широко застосовуваним методом є вакуумвипаровувальне охолодження, суть якого полягає в наступному. В умовах знаходження продукції при зниженому тиску навколишнього повітря (для овочів – 798...930 Па) з її поверхні (частково з клітин) відбувається закипання та випаровування вологи, і за рахунок виділення прихованої теплоти випаровування продукту охолодження у всьому об'ємі партії сировини відбувається впродовж кількох хвилин. Застосування цього способу охолодження має обмеження за асортиментом продукції, оскільки підвищені втрати маси продукту при інтенсивному випаровуванні вологи можуть досягати 1,5...2,5 %. Для скорочення втрат маси продукту може застосовуватися гідروвакуумне охолодження, у якому першому етапі проводиться гідроохолодження, але в другому — вакуум-випаровування. Цей спосіб мало придатний для томатів, огірків, зеленого перцю, моркви, проте може застосовуватися для охолодження грибів, листових овочів, а також для затареної продукції транспортну упаковку.

---

### **4.3. 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 близько криоскопічних 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.

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. В камеру охолодження завантажують м'ясо одного виду, однієї категорії угодваності і по можливості однієї ваги, завдяки чому уся партія одночасно охолоджується до кінцевої температури. В процесі охолодження відносна вологість повітря самовстановлюється на рівні 85...92 % за рахунок випаровування вологи із продукту.

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

оохолодження виконують при температурі  $-2...-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  і швидкості руху повітря  $0,5 \dots 2\text{ м/с}$  до температури в товщі м'язів стегна  $0...4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Тривалість оохолодження при цьому становить  $14...24$  години. При подальшому зниженні температури оохолоджуючого повітря можливе підморожування м'яса, тому використовують двох – та трьохстадійне оохолодження з використанням перемінних параметрів повітряного середовища.

У практиці використовують прискорений або швидкий (двостадійний) метод оохолодження. Прискорене оохолодження проводять при температурах, близьких до кріоскопічних. Підвищення інтенсивності процесу досягають за рахунок збільшення швидкості руху повітря від  $0,1$  до  $2\text{ м/с}$  і зниження його температури з  $2$  до  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Режими оохолодження м'яса від  $3,5$  до  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  у товщі стегна за різними варіантами наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

### Режими оохолодження м'яса

Метод оохолодження	Параметри повітря для оохолодження		Тривалість процесу, год.
	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Швидкість, м/с, не менше	
<b>Повільний</b> (усі види м'яса)	2	0,5...1	25...28
<b>Прискорений</b> (усі види м'яса)	0	0,1...2	24
<b>Швидкий</b>			
Яловичина	$-3...-5$	$2...4$	16
Свинина			13
Баранина			7

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».

При швидкому (двостадійному) методі оохолодження на першому етапі оохолоджують повітрям (при  $-3...-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) з інтенсивною циркуляцією повітря ( $2...4\text{ м/с}$ ) протягом  $12...16$  год, після чого проводять його до оохолодження при  $-1...-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  та швидкості руху повітря  $0,1...0,2\text{ м/с}$ .

Використання швидкого способу охолодження забезпечує відмінний товарний вигляд, зменшує втрати маси (на 20...30%) і високу стабільність сировини при зберіганні (обміненність м'яса швидкого охолодження менша, ніж отриманого при повільному охолодженні).

Таблиця 4.4

#### Норми втрати маси парного м'яса при охолодженні

Вид і категорія м'яса	Тривалість процесу, год.	
	швидкому	прискореному
Яловичина		
першої категорії	1,40	1,60
другої категорії	1,57	1,75
виснажена	1,89	2,10
Свинина (в шкурі)		
першої категорії	1,30	1,47
другої категорії	1,30	1,47

При шоківому охолодженні дотримуються наступних технологічних параметрів:

- температура повітря від  $-5$  до  $-8$  °С;
- відносна вологість повітря – 90 %;
- швидкість руху повітря – 2...4 м/с;
- тривалість – 2 год.

Через 2 год температура у товщі м'язів свинини досягає 2 °С, поверхня напівтуш дещо підморожується. Це практично не відображається на якості свинячих напівтуш.

Підморожування псує зовнішній вигляд та якість яловичини. Тому стадія інтенсивного охолодження для яловичини через 2 год припиняється, доохолодження відбувається за наступних умов:

- температура повітря – 0 °С;
- швидкість руху повітря 0,1 м/с.

При використанні шоківому охолодження спостерігається:

- більш тривалі терміни зберігання;
- незначні втрати маси;
- небезпека холодового скорочення та жорстке м'ясо.

Небезпека холодового скорочення особливо велика для тонких відрубів телятини та баранини, а також для парної розібраної яловичини. Швидкі методи охолодження підходять для свинини і компактних відрубів яловичини. Такі методи охолодження не можна застосовувати для шматкових напівфабрикатів: м'яса швидкого

обсмажування, для приготування на грилі, для тушення та для таких відбірних відрубів, як вирізка та ростбїф.

При швидкому та шоківому охолодженні може відбутися зміна напрямку автолітичних процесів, які супроводжуються розвитком холодної контракції (холодовий шок, холодне скорочення), яка призводить до збільшення жорсткості м'яса і зниження вологозв'язуючої здатності особливо в периферійних шарах туші і в червоних м'язових волокнах. Дане явище спостерігається в яловичині, баранині та птиці; і не виражене при зберіганні свинини; так як наявність жиру, очевидно, зменшує швидкість охолодження.

Найчастіше холодне скорочення виникає в яловичині якщо температура зменшилась нижче 11 °С перш, ніж величина рН досягла значення нижче 6,2.

Охолоджене м'ясо зберігають у камерах з відносною вологістю повітря 85...90 % і швидкістю його руху 0,2...0,3 м/с та температурою для яловичини, свинини і баранини -1 °С.

Допустимі строки зберігання яловичини не більш 16 діб свинини та баранини до 12 діб. Розмір втрат маси при зберіганні охолодженого м'яса наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

#### Втрати маси при зберіганні охолодженого м'яса

Вид і категорія м'яса	Втрати маси у % за добу зберігання				
	2	3	4	5	6
Яловичина в тушах					
<b>першої категорії</b>	0,30	0,15	0,08	0,04	0,04
другої категорії	0,37	0,16	0,07	0,04	0,04
виснажена	0,46	0,19	0,04	0,04	0,04
Свинина в тушах					
<b>першої категорії</b>	0,20	0,16	0,07	0,03	0,03
другої категорії	0,20	0,16	0,08	0,03	0,03
третьої категорії	0,15	0,15	0,08	0,03	0,03
четвертої категорії	0,20	0,16	0,08	0,03	0,03
Баранина					
<b>першої категорії</b>	0,36	0,19	0,08	0,04	0,04
другої категорії	0,43	0,19	0,08	0,04	0,04
виснажена	0,53	0,21	0,05	0,04	0,04

---

### 4.3. 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 зрошування тушок птиці в льодяну воду, або водольодяною сумішшю. Після охолодження льодяною водою шкірка на тушах стає світлою та чистою, зникають плями від забитих місць. Температура льодяної води повинна бути не вище 2 °С, а час охолодження – 0,5...1 година.

При охолодженні методом занурення допускається поглинання вологи (у % до ваги охолодженого м'яса): для курчат 4,4; курей – 3,5; каченят – 6,5; качок – 6,0; гусей – 7,0; індичок – 5,6. Кількість води, що залишилася в тушках після вільного стікання, можна зменшити примусовим шляхом.

Повітряне охолодження тушок птиці здійснюється в холодильних камерах при температурі 0...+1 °С і відносній вологості 95 %, а також в камерах тунельного типу при температурі –0,5...–4 °С і швидкості руху повітря 3...4 м/с.

Сформовані тушки птиці охолоджують поштучно або упакованими в дерев'яні ящики або металеві лотки. При поштучному охолодженні сформовані тушки укладають в ряд на полиці етажерочних візків, які закріплюються в камері або тунелі. Дерев'яні ящики або металеві лотки з тушками птиці встановлюють на полиці візків або на дерев'яні рейки штабелями в шаховому порядку.

Тривалість охолодження тушок птиці від температури +25 до +4 °С у товщі грудної м'язи в камерах при температурі 0...+1 °С становить 12–24 год, у камерах тунельного типу при температурі –0,5...–4 °С і швидкості руху повітря 3...4 м/с – 6...8 год залежно від виду і категорії вгодованості птиці. При поштучному охолодженні тушок на полицях візків у камерах тунельного типу тривалість охолодження становить 2 год.

Для інтенсифікації процесу пропонується охолоджувати тушки в підвищеному стані на конвеєрі в камерах тунельного типу при температурі –4...–6 °С і швидкості руху повітря 3...4 м/с до температури в центрі грудної м'язи 4 °С. Попереднє охолодження тушок до температури +15...+20 °С слід проводити в камері зрошення водопровідною водою.

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 °С на 25...35 хвилин до досягнення температури в товщі м'язів 0...4 °С. Доохолодження виконують повітряним шляхом. При цьому одночасно відбувається зниження температури часткове видалення зайвої вологи.

---

#### **4.4. Охолодження риби**

---

Охолодження риби – це процес швидкого зниження температури тіла риби до температури, яка близька до кріоскопічної точки. Значення кріоскопічної точки для прісноводних риб перебуває в межах -0,5...-0,9 °С, для морських – -0,8...-2,0 °С. Максимальна температура охолодженої риби не має перевищувати 5 °С.

Розрізняють охолоджену рибу, яку реалізують як готовий продукт, і рибу, що використовують для подальшої переробки (заморожування, копчення, засолювання тощо). Згідно з вимогами стандартів охолоджена риба, яку реалізують населенню, повинна мати температуру в товщі м'яса -1...5 °С.

При охолодженні в рибі відбуваються суттєві фізичні і біохімічні зміни. До фізичних змін належать збільшення густини м'язової тканини і в'язкості тканинних соків, зменшення маси риби внаслідок часткового випаровування вологи з її поверхні при охолодженні в повітряному середовищі (усихання риби). До біохімічних змін відносять сповільнення життєдіяльності мікроорганізмів, зниження автолітичних, окислювальних та інших процесів.

Із збільшенням у рибі кількості води підвищується кількість вологи, яка випаровується нею. Тому усихання риб з високим вмістом води (нежирних) при охолодженні відбувається більшою мірою, ніж риб з меншим вмістом води (жирних). Підшкірний жировий шар риб виконує захисну функцію, сповільнює випаровування тканинної вологи. Втрати вологи залежать не тільки від вмісту жиру в рибі, а й від її розмірів. Риба меншого розміру випаровує вологу на одиницю маси більше. Зменшити випаровування рибою води при охолодженні можна використанням пакувальних матеріалів.

Своєчасне та швидке охолодження риби сповільнює перебіг в ній посмертних автолітичних і мікробіологічних процесів, створює сприятливі умови для настання, перебігу та розв'язки посмертного заляккання. При цьому небажані зміни в м'ясі є мінімальними. Важливо охолоджувати рибу відразу після її вилову. Тривалість охолодження риби залежить від властивостей риби, охолоджуючого середовища та умов, при яких відбувається охолодження (температура, характер і швидкість руху охолоджуючого середовища, товщина шару риби або її

частин тощо). Найнижчою температурою середовища для охолодження риби є температура від  $-3$  до  $-4$  °C.

Для охолодження слід використовувати тільки свіжу рибу. Важливо скоротити час між виловом і початком охолодження. Перед охолодженням з неї видаляють нутрощі, зябра та інші частини, які сильно забруднені мікроорганізмами, особливо гнильними. Це дає змогу скоротити тривалість охолодження. Додержання санітарних умов при охолодженні дає можливість збільшити термін зберігання охолодженої риби.

Проте не всі види риб однаково стійкі при зберіганні в охолоджену вигляді. З прісноводних краще зберігаються судак, щука, сазан, сом, а з морських – тріска, морський окунь. Перед охолодженням рибу сортують за розмірами (велика, середня, дрібна), а потім обробляють.

За способом розбирання охолоджена риба може бути: ціла (нерозібрана); патрана з головою, патрана обезголовлена.

В даний час застосовують декілька способів охолодження риби:

– дрібним льодом – цей спосіб простий і доступний, проте він має недоліки: риба охолоджується поволі, з невеликою швидкістю і деформується.

– спеціальними видами льоду (лусковим, сніжним) з додаванням антибіотиків або антисептиків. Цей метод є ефективнішим іощадним;

– охолодження в рідкому середовищі (морською водою або 3...5 %-м розчином кухонної солі, температурою 3...4 °C). Таке охолодження дозволяє одержати продукт високої якості. Для підвищення ефективності в охолоджену рідину можуть додавати антибіотики або антисептики.

Охолоджену рибу на сорти не розподіляють. Стандартна риба повинна бути без пошкоджень шкіри, з чистою поверхнею, природного забарвлення, із зябрами від темно-червоного до рожевого кольору. Консистенція м'яса повинна бути щільною або злегка ослабленою, але не в'ялою, запах – типовим для свіжої риби, без ознак псування, розбирання (у розібраних риб) – правильне.

Упаковують охолоджену рибу в дерев'яні ящики, ящики з полімерних матеріалів з льодом. Масова частка льоду повинна бути не менше 50 % по відношенню до маси риби. Зберігають охолоджену рибу при температурі від  $-1$  до  $-5$  °C і відносній вологості повітря 95...98 %. Термін зберігання великої риби 10-12 діб, дрібної – 7-9 діб. У магазинах термін реалізації охолодженої риби не повинен перевищувати 1-2 доби.

---

#### **4.5. Охолодження молочних продуктів**

---

Питне молоко повинне мати температуру 4...6 °С, вершки – не вище 6 °С, кисломолочні напої – не вище 8 °С, сир – 6...8 °С, сметана – 5...8 °С тощо. Охолодження необхідне також при виготовленні закваски, вершкового масла та сиру. При виробництві цільномолочної продукції для охолодження молока використовують головним чином пастеризаційно-охолоджувальні установки, ванни та резервуари.

Кисломолочні напої та сметану при виробництві резервуарним способом охолоджують в таких самих ваннах чи резервуарах як і цільномолочні продукти. А при виробництві термостатним методом охолодження та дозрівання виконують в спеціальних камерах з повітряним охолодженням – термостатах. Температура охолодження та дозрівання встановлюється у необхідних для певного продукту межах: для кефіру – 8 °С, простокваші – 0 °С, сметани – 3...5 °С тощо.

Сир охолоджують в різних охолоджувачах. Найбільш розповсюдженим є теплообмінний апарат з охолоджуючою циліндричною поверхнею барабана, в якому передбачена сорочка для розсолу. Охолодження виконують при безперервній подачі сиру в апарат. Сир, за допомогою валика, що обертається розповсюджується тонким шаром по циліндричній охолоджуючій поверхні. З поверхні охолоджений продукт знімається ножем.

При виготовленні вершкового масла використання холоду є необхідною умовою. Основним процесом, що лежить в основі виготовлення масла є процес кристалоутворення, тобто процес утворення зародків та зростання кристалів молочного жиру. Ступінь кристалізації розчинів знаходиться в безпосередній залежності від температури.

---

#### **4.6. Зберігання охолоджених харчових продуктів**

---

Кожен попередньо охолоджений продукт повинен зберігатися за необхідної температури певний час. Дотримання умов зберігання дозволить зберегти якісні характеристики продуктів та їх корисні властивості. Функція створення необхідного температурного режиму лежить на холодильному устаткуванні. На усіх етапах зберігання та транспортування необхідно дотримуватися умов зберігання харчових продуктів, оскільки від цього залежить здоров'я людей. Крім необхідної температури та термінів зберігання, слід слідкувати і за іншими умовами: чистота в камерах зберігання, правила товарного сусідства продуктів та їх правильне розміщення та укладання в холодильних камерах.



*Зберігання плодів і овочів.* Однією з базових умов зберігання плодів є створення оптимального режиму, при якому уповільнюються всі біохімічні процеси, що протікають у плодах після їхнього знімання. Разом з тим, режим зберігання повинен забезпечити повне та тривале збереження властивостей плодів, та стійкість їх до мікробіологічної псування.

Температура зберігання для яблук становить  $-0,5...0,5$  °С, для груш, персиків, абрикосів, вишні, черешні  $0$  °С, апельсинів та лимонів  $-0,5...4$  °С, мандаринів  $0,3...2$  °С. При цьому рекомендується відносна вологість повітря для яблук, груш та винограду  $85...90$  %, кісточкових плодів  $80...85$  %, цитрусових  $78...83$  %.

Картопля добре зберігається за температури  $+4$  °С, огірки, баклажани та перець зберігають за температури  $+10$  °С.

Терміни зберігання всіх видів плодів значно збільшуються в регульованому газовому середовищі, в якому штучним шляхом підтримується підвищений вміст вуглекислого газу та знижене кисню. Для цієї мети плоди поміщають у спеціальні герметичні камери або контейнери. (Більш детально див. у розділі 8).

*Охолоджене м'ясо* зберігають при температурі повітря  $0...-1$  °С, швидкості його руху  $0,1...0,2$  м/сек та відносної вологості  $85...90$  %. Охолоджені напівтуші розміщують у камерах зберігання на підвісних коліях на відстані  $3...5$  см одна від одної. На  $1$  м<sup>2</sup> площі камери має бути не більше  $200$  кг м'яса в тушах і напівтушах.

Термін зберігання охолодженого м'яса залежить від пори року, тривалості відпочинку та стану тварини перед забоєм, вгодованості, ступеня знекровлення та санітарно-гігієнічного стану туші, технологічних режимів, стану камер холодильної обробки та зберігання тощо. Рекомендується різні види м'яса зберігати окремо.

Допустимі терміни зберігання охолодженого м'яса у повітряному середовищі температурою від  $0$  до  $-1,5$  °С становлять, залежно від виду та стану м'яса,  $7...12$  днів, переохолодженого – до  $17$  днів.

Подовжити термін зберігання м'яса можна за допомогою гранично низьких температур зберігання (до  $-2$  °С), модифікованої атмосфери (з газоподібним азотом), комбінованого газового середовища (азот і вуглекислий газ), різних пакувальних матеріалів.

*Охолоджену птицю* зберігають у ящиках, які укладають у штабелі з проміжками  $10$  см. При температурі повітря  $0...2$  °С та відносній вологості  $80...85$  % термін її зберігання з дня вироблення становить не більше  $5$  діб. Тривалість зберігання м'яса птиці

обумовлюється активністю розвитку мікроорганізмів, що спричиняють ослизнення та появу неприємного запаху. Зміни білкових та ліпідних компонентів настають значно пізніше і практично не впливають на стійкість зберігання охолодженої птиці.

Упаковка в полімерні плівки дозволяє знизити усихання в 10 разів та покращити санітарний стан продукту. Термін зберігання такої птиці збільшується до 7...10 діб.

*Охолоджену рибу* зберігають у холодильних камерах за нормальної температури 0...2 °С з відносною вологістю повітря 90 % трохи більше 2 діб. Застосування антисептиків (гіпохлорид натрію, пероксид водню) та антибіотиків дозволяє збільшити термін зберігання охолодженої риби в 1,5...2 рази. Розроблено способи подовження термінів зберігання охолодженої риби шляхом подовження льоду з додаванням антибіотиків та антисептиків, що пригнічують дію мікроорганізмів. У такому льоді риба зберігається на 5...8 діб довше.

Використовується зрошення риби перед охолодженням водним розчином антибіотика або зануренням її на 2...5 хв у ванну, що містить 25 г антибіотика в 1 м<sup>3</sup> води. При використанні антибіотиків не допускають їх вміст понад 0,25 мг на 1 кг препарату. Термін зберігання та транспортування риби, охолодженої за допомогою льоду, залежить від виду риби, умов зберігання та коливається в межах від 1 до 12 діб.

*Молочні та кисломолочні продукти* зберігають за температури – 1...–6 °С. Тривале зберігання молока (2...3 діб) при низьких температурах негативно впливає його властивості, у результаті істотно знижується якість вироблених із нього товарів.

Молоко пастеризоване, вершки, ацидофілін, кефір, сир жирний та знежирений дієтичний зберігаються 36 год. Напої із сироватки, кумис натуральний, сметана дієтична – 48 год, сметана звичайна – 72 год, сир селянський 5 %-ний, сирні напівфабрикати – 24 год. Сирково-сирні кулінарні вироби, сири домашній, вершковий, клинковий тощо у полімерних упаковках, сирну масу, продукти для дитячого харчування зберігають при температурі 2...6 °С впродовж 21...72 год.

---

### **Запитання для самоперевірки**

---

1. Які є способи охолодження харчових продуктів? Їх суть.
2. Від чого залежить ефективність попереднього охолодження продуктів?
3. Як зберігається на сучасних холодильних підприємствах продукція рослинного походження?
4. Якими параметрами характеризується технологічний процес охолодження плодів і овочів?
5. Які способи вентиляції використовуються у процесі охолодження плодів і овочів?
6. Від чого залежить тривалість охолодження рослинної продукції?
7. Якими способами проводять охолодження м'яса в повітрі?
8. Яких технологічних параметрів дотримуються при шоківому охолодженні м'яса?
9. Які процеси відбуваються при швидкому та шоківому охолодженні м'яса?
10. Якими способами проводять охолодження птиці?
11. Як інтенсифікують процес охолодження птиці?
12. Які зміни суттєві відбуваються при охолодженні в рибах?
13. Які способи охолодження риби використовуються в даний час?
14. Для чого охолоджують молочні продукти?
15. Наведіть терміни зберігання основних охолоджених харчових продуктів.

## РОЗДІЛ 5. ПІДМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

### 5.1. Способи підморожування харчових продуктів

Продукти підморожують у тому випадку, коли тривалість їх зберігання за умовами виробництва або транспортування має бути більшою, ніж передбачено для охолоджених, і значно меншою, ніж для заморожених продуктів. *Підморожування* — це спосіб холодильної обробки харчових продуктів, при якому їх температура стає на 1...2 °С нижчою за кріоскопічну.

Таке зниження температури препарату супроводжується частковим (50...60 %) переходом води на лід. Існує два основних способи підморожування харчових продуктів. Перший спосіб у тому, що продукт поміщають у холодильну камеру, у якій підтримується температура повітря -3 °С. Так підморожують м'ясо, рибу та птицю. При холодильній обробці рослинних продуктів з метою адаптації їх до впливу негативних температур, температуру повітря в камері знижують поступово. В обох випадках температура продукту повільно знижується, наближаючись до температури повітря в камері.

При підморожуванні другим способом продукт поміщають у морозильну камеру, внаслідок чого в його периферійній частині утворюється заморожений шар обмеженої товщини, величина якого залежить від виду та розмірів продукту, технологічних параметрів охолоджуючого середовища та становить від 0,5 до 2,5 см. Температура підмороженого шару досягає -3...-5 °С, а внутрішня незаморозена частина продукту має температуру 4...-1 °С. Після переміщення продукту в камеру зберігання з температурою -2...-3 °С, внаслідок внутрішнього теплообміну у всьому обсязі продукту, встановлюється температура, що дорівнює температурі зберігання. Другий спосіб є інтенсивнішим і менш тривалим за часом і рекомендується для підморожування м'яса, птиці та риби.

Теплофізичні процеси, що відбуваються при інтенсивному способі підморожування, істотно відрізняються від процесів, що відбуваються при повільному підморожуванні. Такий процес поділяється на два взаємопов'язані етапи. На першому етапі, який проводиться в морозильних камерах або апаратах, при інтенсивному відводі теплоти на поверхні продукту утворюється заморожений шар деякої товщини, в якому створюється температурне нерівномірне поле. На другому етапі в продукті відбувається внутрішній дуже слабкий теплообмін з повітрям камери зберігання. Після закінчення певного часу це призводить до

вирівнювання температури за об'ємом продукту, величина якої близька до температури повітря камери зберігання.

Інтенсивне відведення теплоти від продукту на першому етапі призводить до швидкого заморожування периферійного шару, що значно зменшує час перебування продукту в морозильній камері. Це дозволяє проводити у безперервному повітряному потоці підморожування м'ясних продуктів у вигляді напівтуш та четвертин. Середньооб'ємна температура в поверхневому замороженому шарі має бути такою, щоб після завантаження продукту в камеру зберігання вона вирівнювалася по всьому об'єму до  $-2...-3$  °С. Таким чином, чим інтенсивніший процес теплообміну на першому етапі, тим досконаліший він у технологічному та організаційному відношенні.

Підморожування продуктів, порівняно із заморожуванням, менш енергоємне, оскільки витрата холоду становить 60...70 % витрати на повний цикл заморожування. Крім того, підморожені продукти не потрібно розморожувати та додатково витрачати енергію.

При підморожуванні та зберіганні неупакованого м'яса та птиці зменшується усушка порівняно з аналогічною охолодженою продукцією. У зв'язку з частковим перетворенням води на лід продукти набувають такої пружності, при якій легко можуть складуватися у вигляді штабелю при зберіганні та транспортуванні, що підвищує рентабельність холодильного транспорту та використання площі холодильних камер.

При використанні підморожування риби відпадає необхідність використання льоду під час транспортування та зберігання риби, внаслідок чого майже вдвічі підвищується ефективність використання вантажного обсягу водного, залізничного та автомобільного транспорту, а також камер зберігання холодильних підприємств. Поліпшуються санітарно-гігієнічні умови транспортування та зберігання. Підморожена риба при температурі  $-1...-2$  °С за своїм виглядом та якістю близька до охолодженої. У підмороженій рибі, порівняно з охолодженою, раніше на 1...2 діб настає посмертне задубіння, також розслаблення м'язової тканини сповільнюється на 6...7 діб.

Разом з тим, при температурі нижче  $-3$  °С в рибі відбуваються зміни, що несприятливо відбиваються на її якості – з'являється жорсткість і сухість м'яса, знижується вологоутримуюча здатність тканин і погіршується зовнішній вигляд. Швидке підморожування менше впливає на гістологічну структуру тканин риби, ніж повільне. При повільному підморожуванні іноді спостерігаються порушення у структурі тканин.

---

## **5.2. Підморожування продуктів рослинного походження**

---

Умови адаптації рослинного організму до від'ємних температур створюються лише шляхом поступового зниження його температури. Так для яблук зимових сортів у початковий період в камері підтримується температура 1...3 °С, а далі температура поступово знижується до -2...-3 °С впродовж 5...6 тижнів. Встановлення зазначених температур пізніше кінця грудня не надає істотного впливу на внутрішньоклітинний обмін. Повна оборотність фізіологічних процесів відбувається лише за наступного повільного отеплення. В результаті адаптації збільшується проникність клітин, що сприяє міжклітинній кристалізації води, яка не надає згубного впливу на тканини яблука.

Яблука після адаптації до холоду без наслідків переносять часткове виморожування води за температури близько -2 °С. Зважаючи на специфічні особливості продуктів рослинного походження, даний спосіб холодильного консервування застосовується не до всіх видів рослинної продукції.

---

## **5.3. Підморожування продуктів тваринного походження**

---

М'ясо у вигляді туш та напівтуш, оброблене відповідно до діючих технологічних інструкцій та ветеринарно-санітарних правил, у парному стані направляють на підморожування. При підморожуванні в інтенсифікованих морозильних камерах з температурою повітря -25...-35 °С та швидкістю його руху 1...2 м/с тривалість процесу становить для яловичини 6...10 год, для свинини - 4...8 год, для баранини - 2...3 год. При використанні морозильних камер з природною циркуляцією повітря та температурою -18...-23 °С тривалість процесу для м'ясної сировини становитиме 12...15, 9...12 та 4...5 год відповідно. Підморожування вважається закінченим при досягненні температури у центрі стегна 1...2 °С. Температура в поверхневому шарі на глибині 1 см становить -4...-5 °С, товщина підмороженого шару - 2...2,5 см. Після підморожування м'ясо по підвісних коліях прямує до камери зберігання, де підтримується температура близько -2 °С. У підмороженому м'ясі автолітичні процеси сповільнюються, але не зупиняються. Задубіння підмороженого м'яса настає приблизно на 8...10 добу, що збільшує термін його зберігання перед використанням.

Застосування електростимуляції перед підморожуванням м'яса дозволяє використовувати його будь-якому етапі зберігання, оскільки прискорює процес дозрівання м'яса. Підморожування м'яса рекомендується застосовувати у таких випадках:

– для його подальшого транспортування на м'ясопереробні підприємства, що випускають напівфабрикати, ковбасні та кулінарні вироби, готові страви;

– на підприємствах, що мають обмежену продуктивність морозильних камер, для подальшої доставки м'ясної сировини на великі холодильні підприємства для заморожування;

– для постачання підприємств торгівлі та харчування м'ясною сировиною, напівфабрикатами та готовими стравами зі збільшеним у порівнянні з охолодженими терміном зберігання.

---

#### **5.4. Підморожування птиці**

---

Підморожування вбитої птиці може здійснюватися в парному або охолодженому стані як поштучно, так і покладеної в стандартні ящики. Для підморожування використовують ті ж технічні засоби, що й заморожування. У м'ясі птиці біохімічні процеси відбуваються з більшою інтенсивністю, ніж у м'ясі худоби, ферментація закінчується швидше. Спочатку тушки птиці охолоджують (зрошенням або зануренням) до температури в центрі грудного м'яза 6...8 °С, далі упаковані тушки птиці підморожують у повітряному середовищі або рідині до температури в товщі грудного м'яза 0...–1 °С, а на глибині 0,5 см – не нижче –4 °С. Тривалість підморожування в морозильних камерах або апаратах при температурі повітря –25...–30 °С та швидкості його руху 3...4 м/с становить, залежно від маси птиці, 2...3 год. При використанні рідких охолоджуючих середовищ з температурою –20...–25 °С тривалість підморожування методом занурення становить 20...25 хв, з попереднім охолодження – 10...20 хв.

---

#### **5.5. Підморожування риби**

---

Підморожування риби у промислових умовах здійснюється двома способами. У повітряних швидкоморозильних апаратах при температурі –30...–35 °С тривалість підморожування становить 1...2 год, у розсільних морозильних апаратах конвеєрного типу або при зануренні контейнерів (корзин) з рибою у сольовий розчин температурою –10...–14 °С, щільністю 1,13...1,16 г/см<sup>3</sup> тривалість процесу скорочується до 10...20 хв.

На морських промислових суднах рибу підморожують при температурі –16...–18 °С в ємностях з розсолем, що містить від 16 до 18 % хлориду натрію або від 20 до 25 % хлориду кальцію.

Якість риби при підморожуванні її в повітряному швидкоморозильному апараті трохи вище, ніж при підморожуванні в розсолі, а на вигляд вона близька до свіжої риби – забарвлення природне

та не спостерігається знебарвлення шкірного покриву. У риби, підмороженої у розсолі, спостерігається невелика зміна пігментації шкіри. Крім того, відбувається проникнення невеликої кількості кухонної солі у поверхневі шари тканин риби. Однак, при підморожуванні в швидморозильних апаратах повітряного типу спостерігається усушка риби (для тріски близько 0,5 %, для морського окуня 0,8 %). При підморожуванні у солоному розчині відбувається невелике збільшення маси риби приблизно на 0,2 %.

Однією з найважливіших умов отримання високоякісної підмороженої продукції є хороший стан риби-сирця, оскільки саме по собі підморожування не покращує якість риби, а лише уповільнює її псування. Тривалість підморожування залежить не тільки від умов протікання процесу, а й від розміру, виду та стану риби. Процес підморожування закінчується при досягненні товщини підмороженого шару 5...8 мм і температури в ньому  $-3...-5$  °С, при цьому температура в товщі продукту становить  $2...-1$  °С. Вирівнювання температури та перерозподіл льоду за обсягом риби відбувається у першу добу її зберігання.

---

### **5.6. Підморожування напівфабрикатів, готових кулінарних виробів та інших страв**

---

Випуск цієї продукції в охолоджену стані не завжди може гарантувати доведення її до споживача у доброякісному стані. Тому зазначені продукти, як упаковані, так і неупаковані, доцільно підморожувати у морозильних апаратах різних типів. Тривалість підморожування при температурі охолоджуючого середовища  $-25...-35$  °С, залежно від типу апарату, виду продукту, його розмірів і типу упаковки, становить не більше 20...30 хв.

---

### **5.7. Зберігання підморожених харчових продуктів**

---

В підморожених продуктах при зберіганні відбуваються ті ж зміни, що і в охолоджених. Але мікробіологічні процеси протікають повільніше, тому тривалість зберігання в підмороженому стані більша, ніж в охолоджену. Збільшення термінів зберігання харчових продуктів у підмороженому стані пояснюється ще й тим, що при підморожуванні створюються менш сприятливі умови для життєдіяльності мікроорганізмів. Наприклад, при зберіганні підмороженого м'яса перші ознаки мікробіального псування та пов'язане з ним ослизнення поверхні м'яса виявляються лише через 35...40 діб. У м'язовій тканині охолодженого у льодовій суміші коропа



мікроорганізми починають розвиватися через 5...7 діб, а підмороженій рибі при температурі  $-2^{\circ}\text{C}$ —лише через 17...18 діб.

*Продукти рослинного походження.* За певних умов проведення попереднього оброблення та температурної витримки хороші результати досягаються при зберіганні зимових сортів яблук, динь та винограду. Зниження температури зберігання дозволяє збільшити тривалість зберігання яблук до нового врожаю за збереження товарної якості та значного скорочення товарного браку та усушки.

На довгострокове зберігання яблука зимових сортів надходять лише доброякісні та попередньо відсортовані сорти. Процеси, пов'язані з кліматерисом плодів, при  $-1,5...-2,5^{\circ}\text{C}$  відбуваються на 1,5...2 міс. пізніше і протікають із меншою інтенсивністю, ніж у плодів, що зберігаються при температурі  $0...2^{\circ}\text{C}$ . За 2...3 тижні до закінчення зберігання перед реалізацією плоди поступово теплюють у камері до температури  $2...3^{\circ}\text{C}$ . При дотриманні технологічних вимог та своєчасному завантаженні камер зберігання при температурі  $-2^{\circ}\text{C}$  має значні переваги перед зберіганням за плюсових температур. Сортність плодів знижується незначно та зменшується величина відходів, що викликаються фізіологічними захворюваннями та життєдіяльністю мікроорганізмів.

*Підморожене м'ясо* економічно ефективно зберігати у штабелях заввишки 1,5...2 м, укладаючи яловичі напівтуші за висотою в 5...6 рядів, а свинячі та баранячі – у 7...8 рядів. Впродовж першої доби температура м'яса по всій товщині вирівнюється до  $-1,5...-2,5^{\circ}\text{C}$ . Тривалість зберігання на холодильних підприємствах підмороженого м'яса, призначеного для відвантаження іншим підприємствам, має не перевищувати 2...3 доби.

Підморожене м'ясо транспортують в авторефрижераторах та поїздах з машинним охолодженням при температурі близько  $-2^{\circ}\text{C}$  впродовж 7...9 діб. На розподільних холодильниках підморожене м'ясо зберігають при температурі  $-2^{\circ}\text{C}$  та відносній вологості повітря 92...95 % до 7 діб. Максимальний термін зберігання підмороженого м'яса, включаючи час транспортування, становить 21...23 доби.

*Підморожену птицю* зберігають при температурі  $-2^{\circ}\text{C}$  та відносній вологості повітря 95 % впродовж 25...30 діб (з урахуванням часу транспортування та реалізації). Витрати на холодильне оброблення, транспортування та зберігання птиці в підмороженому стані в 3 рази менше, ніж витрати при виробництві замороженої птиці. За якістю та зовнішнім виглядом підморожена птиця практично не відрізняється від охолодженої.

*Підморожену рибу* укладають у ящики без льоду і маркують відповідно до встановлених вимог. Транспортують та зберігають при температурі  $-2...-3$  °С. Тривалість транспортування підмороженої риби не перевищує 5...7 діб, а термін її зберігання залежно від виду сировини, якості та кінцевої температури продукту – 20...35 діб. Відносна стійкість температури підмороженої риби завдяки великій акумуляції холоду дозволяє здійснювати її виробництво в промисловому масштабі та перевезення на далекі відстані.

Підморожену рибу реалізують як охолоджену продукцію через торговельну мережу та мережу громадського харчування або направляють на рибопереробні підприємства для приготування з неї копченої та кулінарної продукції, рибних консервів.

*Напівфабрикати, кулінарні вироби та готові страви* на підприємствах громадського харчування та в торговельній мережі рекомендується зберігати за температури  $-2$  °С. Оскільки окремі порції такої продукції зазвичай невеликі, підвищення їх температури доцільно здійснювати перед вживанням у процесі підігріву або обсмажування.

Таким чином, суттєве збільшення тривалості зберігання підморожених продуктів створює можливість їхнього транспортування на далекі відстані без зниження товарного вигляду. Це сприяє розширенню споживчої зони для постачання харчової сировини, яка за якісними показниками практично не відрізняється від охолодженого.

---

### **Запитання для самоперевірки**

---

1. В чому полягає суть підморожування харчових продуктів?
2. Які технологічні процеси відбуваються під час підморожування харчових продуктів?
3. Які продукти рослинного походження підморожують?
4. Наведіть основні технологічні режими підморожування м'яса тварин та птиці.
5. У якому випадку підморожують рибу?
6. Наведіть особливості підморожування напівфабрикатів, готових кулінарних виробів та інших страв.
7. Наведіть терміни зберігання підморожених харчових продуктів.

## РОЗДІЛ 6. ЗАМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

### 6.1. Особливості заморожування харчових продуктів

*Заморожуванням* називають процес зниження температури продукту нижче за криоскопічну на 10...30 °С, супроводжуваний переходом у лід майже всієї кількості води, що міститься в ньому.

Заморожування зазвичай проводять з метою підготовки продукту до тривалого зберігання за негативних температур. Заморожування істотно відрізняється від охолодження, а також від підморожування. Воно забезпечує велику стійкість продукту під час зберігання порівняно з охолодженими і підмороженими. Основні відмінності заморожування від охолодження такі: у процесі заморожування вода перетворюється в лід, що перешкоджає живленню мікроорганізмів, у результаті чого створюються несприятливі осмотичні умови і різко зменшується швидкість біохімічних реакцій у продукті.

Спочатку перевага заморожування перед іншими способами консервування полягало в забезпеченні кращої якості овочів, риби і м'яса в місцях для віддалених місцевостей. Спосіб консервації заморожуванням забезпечує приємні смакові відчуття – прикладом може служити морозиво, продукт, історія якого простежується до XVII-XVIII століть, коли воно був делікатесом і атрибутом розкоші аристократичних верств населення. В даний час морозиво широко представлено на світовому ринку заморожених харчових продуктів.

Раніше для більшості заморожених харчових продуктів була потрібна теплова обробка, яка забезпечувала певну ступінь мікробіологічної безпеки. Останнім часом акцент змістився на зручність споживання – став доступний значно ширший асортимент продуктів, багато з яких спеціально розроблялися для заморожування і подальшого дистрибуції в замороженому стані. Такими «сучасними» замороженими харчовими продуктами є попередньо термооброблені харчові інгредієнти і готові страви, які перед вживанням потрібно просто підігріти. Крім того, багато заморожених кондитерських виробів і десертів (включаючи морозиво) призначені для споживання після розморожування або безпосередньо в замороженому стані без будь-якої теплової обробки. Виняток етапу теплової обробки споживачем робить мікробіологічну безпеку обов'язковим попереднім умовою заморожування і визначає технології заморожування і попередні технологічні операції.

Як правило, якщо заморожені харчові продукти потенційно містять небезпечні рівні патогенних мікроорганізмів, то для зниження їх

чисельності до прийняттого рівня такі продукти вимагають додаткової обробки (зокрема, теплової). Мікроорганізми, що характеризуються низькою дозою інфікування, із заморожених харчових продуктів повинні повністю виключатися.

До інших чинників, від яких залежить вплив заморожування, відносяться швидкість заморожування, рецептура харчового продукту (вміст в ньому тих чи інших інгредієнтів), пакувальний матеріал, розміри упаковки, температура і тривалість зберігання, умови розморожування і фізіологічний стан мікроорганізмів (наприклад, фаза зростання) в ході охолодження або заморожування.

---

## **6.2. Заморожування продуктів рослинного походження**

---

Картопля, овочі, плоди і ягоди містять від 70 (часник) до 95 % (томати і огірки) води. Вона є розчинником, що обумовлює швидкість перебігу дифузійних процесів, а також хімічних і біохімічних реакцій. Зміна фазового стану води – головний чинник, що обумовлює гальмування цих процесів.

Основне завдання заморожування і зберігання картоплі і плодоовочевої продукції в стані кріоанабіозу полягає в збереженні їх живильних, смакових властивостей і біологічно активних речовин; для чого необхідно добиватися оборотності змін, що відбуваються під впливом негативних температур.

Придатність плодоовочевої сировини для заморожування визначається рядом чинників: видовим складом, особливостями сорту, мірою зрілості. Заморожуванням можна консервувати не всі види цієї продукції.

Придатність плодоовочевої сировини до заморожування визначається, перш за все, властивостями виду та сорту плодів і овочів, тобто їх генетично обумовленими особливостями.

Наприклад, з огірків ще нікому не вдалося отримати високоякісну заморожену продукцію, а при заморожуванні брюссельської капусти та шпинату, незалежно від сорту, завжди отримують високоякісний заморожений продукт. Зовсім непридатна для заморожування і біла смородина із – за небажаних змін зовнішнього вигляду, в той же час із червоної і особливо чорної смородини отримують високоякісну заморожену продукцію.

У більшості плодкових та овочевих культур в межах виду спостерігається явно виражений вплив сорту на зміни якості при заморожуванні. До таких культур відносять зелений горошок, картоплю, томати, дині, ягоди, кісточкові та насіннячкові плоди. Дуже сильні

сортові коливання виявлені у полуниці, малини, чорної та червоної смородини.

До ознак, які обумовлюють придатність сортів плодовоовочевої сировини до заморожування, відносять наступні:

– мінімальні зміни після заморожування вологоутримуючої здатності рослинної тканини за показником вологовіддачі;

– структурна міцність тканин плодів та овочів та їх стійкість до розтріскування;

– високий вміст клітковини, геміцелюлози та пектинових речовин, тобто речовин, які забезпечують стабільність консистенції м'якоті і цільність покривних тканин заморожених продуктів;

– високий вміст сухих та біологічно активних речовин – антоціанів, каротину та вітаміну С.

Дослідження показали, що сорти, які добре переносять холодильну обробку, зберігають ці властивості в будь якому районі вирощування.

Для заморожування рекомендують наступні сорти плодів та овочів (табл. 6.1).

*Таблиця 6.1*

**Рекомендовані для заморожування сорти плодів та овочів**

<b>Продукція</b>	<b>Сорти</b>
1	2
Абрикоси	Червонощокий, Ювілейний Навої, Червоний партизан, Луїзе, Консервний пізній, Хурмаї
Айва	Ізобільна, Консервна, Ароматна, М'якоплідна, Берецький, Оранжева, Врожайна
Баклажани	Симферопольський 105, Універсал 6
Виноград	Кара Калтак, Кара джанжал, Олі Кокі, Різамат, Паркентський рожевий, Мускат Гамбургський
Вишня	Гріот Лигеля, Шпанка чорна, Володимірска, Анадольська, Лотовая
Груша	Лісова красуня, Бере Арданпон, Вітчизняна, Вільямс, Бере Боск, Бере Александр
Зелений горошок	Превосхідний 240, Овочевий 76
Малина	Віслуха, Волжанка, Мальборо, Прогрес, Усанка, Кутберт, Мелітопольська червона

Закінчення табл. 6.1

1	2
Перець	М'ясистий 7, Дзвіночок 808, Заволзьський 55, Ювілейний 307, Схід 308, Консервний круглий
Персики	Ельберта, Фархад, Золотий ювілей, Рочестер, Ватан, нектарини: Лола, Обільний
Полуниця	Веденспіс-7, Кембрідж – Фаворіт, Зенга – Зенгана, Покахонтас, Редгаунтлет
Слива	Венгерка італійська, Венгерка Ажанська, Венгерка домашня, Венгерка Мускатна, Анна Шпет
Томати	Сан – Марцано, Машинний – 1, Консервний штамбовий
Цвітна капуста	Московська консервна, Сніговий шар, Гагська, Вітчизняна, Врожайна
Черешня	Чорна Гоше, Гірська чорна, Наполеон чорний, Одеська чорна, Французька чорна
Чорна смородина	Юнат, Голубка, Голіаф, Боскопський великан, Лія плодорідна
Яблука	Антонівка, Розмарін білий, Кальвіль білий літній, Кальвіль білий зимовий, Слава переможцям, Аніс смугастий

Режим заморожування плодовоовочевої продукції складається з трьох стадій: перша — стадія охолодження — інтенсивне відведення тепла від продукту і зниження температури до криоскопічної; друга стадія кристалізації — фазова зміна води, коли після переохолодження починають утворюватися і зростати кристали; третя — стадія доморожування — охолодження після криоскопічних температур, що переміщуються з периферійних шарів в центр продукту. На цій стадії заморожування характеризується подальшим зниженням температури продукту до  $-18...-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при якій відбувається інактивація всіх ферментних систем, зупиняються біохімічні процеси у всіх клітках тканин і настає його консервація.

Заморожування рекомендують проводити при температурі  $-30...-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Подальше пониження температури не дозволяє різко скоротити тривалість процесу, але при цьому зростають енергетичні витрати, що економічно недоцільно. Режимы заморожування плодів із цукром чи сиропом, а також без цукру можуть бути однакові. Заморожування здійснюється в морозильних апаратах за температури  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  і нижче й інтенсивного відведення тепла.

Добрі результати отримано під час заморожування і зберігання фруктового пюре, змішаного з цукром.

Вплив процесу заморожування на якість продуктів дуже значно, проте на характеристики готових заморожених продуктів впливають і інші фактори, в тому числі тип продукту, різновид рослини, ступінь стиглості, якість вихідної сировини, спосіб збору врожаю, а також фактичний період між збиранням врожаю і переробкою рослинної сировини перед заморожуванням. Всі ці фактори окремо і в поєднанні з упаковкою та умовами зберігання в ланцюзі збуту і реалізації ускладнюють прогнозування якості заморожених плодів і овочів.

---

### **6.3. Заморожування м'яса**

---

В промислових умовах заморожування м'яса та м'ясопродуктів виконують в різних охолоджуючих середовищах та різними методами:

- в повітрі – повільне, інтенсивне та швидке;
- в рідкому середовищі – контактне та безконтактне;
- хладоагентами – контактне та безконтактне (коли хладоагент знаходиться між охолодженими металевими плитами або еластичними тканинами, а також продукт упакований в штучні плівки, зрошується або занурюється у хладоагент).

М'ясо великої рогатої худоби та свиней заморожують як правило в півтушах та чвертях, баранину – в тушах.

Для заморожування м'ясо в тушах та півтушах по підвісним шляхам направляється в морозильні камери. В камерах заморожування півтуші розташовуються на підвісних шляхах рівномірно по всій довжині. Не рекомендується одночасно завантажувати в камеру продукти, тривалість заморожування яких різна.

В камери однофазного заморожування м'ясо поступає в парному стані с температурою в товщі м'язів стегна не нижче 35 °С. При відсутності таких камер заморожування виконують в дві фази, попередньо охолодив м'ясо до температури в товщі стегна 0...4 °С.

При однофазному способі заморожування:

- зменшуються втрати ваги;
- скорочуються витрати праці на транспортування;
- раціональніше використовуються холодильні ємності;
- не погіршується якість м'яса,
- швидкозаморожене парне м'ясо має високу ступінь оборотності, при розморожуванні воно втрачає менше м'ясного соку, ніж м'ясо двофазного заморожування.

Яловичі півтуші заморожують при наступних режимах: температура від –30 до –40 С, швидкість руху повітря – 1...2 м/с,

відносна вологість повітря – 95...100 %; тривалість процесу – 24 години. Тривалість заморожування свинячих та баранячих півтуш становить відповідно 18...20 та 14...16 годин.

При зниженні температури до  $-40^{\circ}\text{C}$  та нижче і швидкості руху повітря до 5 м/с можна заморозити парні півтуші за 18 годин. При цьому не виникає холодового стиснення, а органолептичні показники такого м'яса не відрізняються від м'яса замороженого двофазним способом з попереднім дозріванням.

---

#### **6.4. Заморожування м'ясопродуктів**

---

*Субпродукти* заморожують на деках або у блоках при температурі  $-30...-55^{\circ}\text{C}$  і швидкості руху повітря 1...2 м/с. Тривалість заморожування при двофазному способі – 12 годин, при однофазному – 18 годин; при заморожуванні в швидкоморозильних апаратах – відповідно 3...4 та 4...7 годин. Втрати ваги при заморожуванні упакованих субпродуктів практично відсутні.

*Напівфабрикати.* Швидкозамороженими м'ясними напівфабрикатами називають м'ясні вироби, які заморожують сирими та перед вживанням піддають повній тепловій обробці до готовності. До швидкозаморожених напівфабрикатів відносять пельмені, фрикадельки, фарш, котлети тощо.

Після штамповки пельмені, котлети, фрикадельки на металевих або полістирольних листах поміщають в морозильні апарати шафового типу або з підвісними етажерками. Температура заморожування  $-25...-35^{\circ}\text{C}$ , швидкість руху повітря 3...5 м/с, тривалість 20...30 хвилин.

В останні роки для заморожування пельменів та фрикадельок були розроблені морозильні апарати конвеєрного типу з металевією стрічкою та сітчастим віброконвеєром для доморожування продуктів, а також конвеєрні апарати з розпиленням рідкого азоту над продуктом. Але заморожування на останньому апараті має високу вартість.

---

#### **6.5. Заморожування птиці**

---

М'ясо птиці заморожують у випадках тривалого зберігання або транспортування на великій відстані.

На птахопереробних підприємствах заморожування виконують в камерах та апаратах різних конструкцій, де теплоносієм виступає повітря, та в апаратах контактного заморожування – зріджені гази та рідини.

В повітрі м'ясо птиці заморожують в морозильних камерах. Ящики в камерах встановлюють на решітці у шаховому порядку. Для прискорення заморожування з кришок ящиків знімають середні



дощечки, а при заморожування гусей ще й бокові. Як що є можливість, то краще тушки гусей та індичок заморожувати в окремій камері, тому що із – за різниці ваги на це потрібно значно більше часу, ніж для тушок курей та качок.

Тривалість заморожування птиці в тарі залежить від її виду та угодваності, від температури та швидкості руху повітря. При  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  та природній циркуляції – 48...72 години, при  $-23\text{...}26\text{ }^{\circ}\text{C}$  та швидкості руху повітря 1...1,5 м/с – 18...20 годин (кури та качки), 35...40 годин (гуси та індички).

Тривалість заморожування залежить від температури та швидкості руху охолоджуючого середовища, виду птиці, її ваги, категорії угодваності та початкової температури тушок. При температурі  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  та швидкості руху повітря 0,1 м/с тривалість процесу становить 0,5...1 годину.

При заморожування тушок з потрухами тривалість процесу збільшується в 1,5...2 рази, тому потрух, упакований в полімерні пакети, заморожують окремо, а потім закладають у середину тушки перед заморожуванням.

---

## **6.6. Заморожування риби**

Найефективнішим і тривалішим способом зберігання риби є заморожування. Температура в тканинах риби знижується до  $-6\text{...}-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  і нижче при цьому вода перетворюється на лід і створюються умови, при яких практично повністю пригнічується діяльність ферментів і мікроорганізмів, тому якість свіжої риби зберігається довго. Збереження якості свіжої риби залежить від швидкості заморожування і стану сировини.

Тканини риби краще зберігаються, якщо її заморожувати відразу після вилову, коли оболонка м'язових волокон еластична і кристали льоду її не руйнують. Чим нижче температура заморожування, тим швидше цей процес проходить і менше змінюється структура тканин риби. Оптимальною є температура заморожування від  $-15$  до  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Існує декілька способів заморожування риби: природним холодом, в льодосольових сумішах або охолоджених сольових розчинах, в морозильних камерах або апаратах за допомогою штучного холоду. Перші два способи у промисловості не використовуються. Заморожують рибу розсипом, поштучно і блоками.

Заморожування в морозильних камерах – поширений спосіб заморожування, хоча практично не можна добитися швидкого заморожування риби. Навіть якщо початкова температура в камері буде  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то при завантаженні риби температура в ній різко підвищується.

Для заморожування рибу розкладають на стелажі, а найкрупнішу розвішують на крюках. Тривалість заморожування складає 4–5 діб. Дрібну рибу (йорж, окунь, салака, корюшка тощо) заморожують розсипом або шаром в 10...15 см в ящиках або корзинах.

Заморожування в швидкоморозильних апаратах. Це найдосконаліший спосіб заморожування риби. В цьому випадку рибу (філе), подають в блок-формах з неіржавіючої сталі. Після розрівнювання риби блок затискають між плитами, усередині яких циркулює холодоагент з температурою  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температура усередині блоку риби за 3–4 години досягає  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При розкритті блок-форм створюється зусилля, яке відриває блок риби від внутрішніх стінок форми.

---

### **6.7. Заморожування молочних продуктів**

---

Із молочних продуктів найчастіше заморожують масло, м'який сир, деякі кисломолочні продукти, рідко молоко та тверді сири. Для холодильної обробки масло треба укласти так, щоб забезпечити доступ повітря до кожного пакету або до вертикального ряду пакетів. Висота вертикальних рядів вантажних пакетів не повинна перевищувати при температурі масла нижче  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  – трьох рядів, при  $5...8\text{ }^{\circ}\text{C}$  – двох, при  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  та вище – одного. Холодильна обробка масла вважається закінченою, якщо в моноліті на глибині 6...8 см температура продукту не перевищує  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Терміни зберігання вершкового масла залежать від його виду, способу виготовлення, пакування, умов зберігання. Зберігають масло партіями. Кожну партію укладають в окремий штабель за видами та гатунками.

---

### **6.8. Виробництво та зберігання морозива**

---

В основі виробництва морозива лежать такі процеси, як фризеравання суміші та загартування готового продукту. *Фризераванням* називається процес часткового заморожування води і одночасного збивання суміші, тобто насичення його повітрям. При цьому утворюється структура морозива, яка остаточно формується в процесі його загартування. Структура морозива визначається розмірами кристалів.

При фризераванні суміші мають утворюватися невеликі кристалики льоду – розміром не більш як 10 мкм. Якщо вони більші, морозиво набуває грубої консистенції. Утворенню невеликих кристалів сприяє підвищений вміст жиру та сухих речовин в суміші, її гомогенізація, правильно проведений процес фізичного визрівання,

введення якісних стабілізаторів у суміш для морозива. Невеликі повітряні пухирці повітря, які пронизують суміш, перешкоджають утворенню великих кристалів льоду. Фризерування закінчують після досягнення сумішшю морозива температури  $-4,5...-6$  °С. При цьому близько 50 % води перетворюється на лід.

Морозиво, що надійшло із фризера, негайно фасують, упаковують і загартовують. Фасоване морозиво загартовують до температури зберігання готового продукту (від  $-18$  до  $-20$  °С) в камерах з повітряним охолодженням при  $-28...-36$  °С (повільний і швидкий способи загартування) або розсільних генераторах за температури  $-25...-40$  °С. Вагове морозиво загартовують у металевих гільзах у загартувальних камерах за температури повітря до  $-30$  °С.

*Загартуванням* називається заморожування води для досягнення достатньої твердості та стійкості морозива при зберіганні. При цьому заморожується 75...78 % загальної кількості води. Щоб кристали були невеликими, загартування треба проводити за відносно короткий термін. Середній розмір кристалів морозива — не більш як 60...80 мкм.

Морозиво усіх видів зберігають при температурі не нижче  $-18$  °С, тому, що при температурі  $-12$  °С активується життєдіяльність мікроорганізмів. На якість морозива, що зберігається негативно впливають коливання температури в камері зберігання, під час яких відбувається перекристалізація зі збільшенням розмірів кристалів льоду та ущільненням консистенції продукту. Тому коливання в камерах зберігання морозива не повинні перевищувати  $\pm 1$  °С.

Морозиво на зберігання поступає упакованим. Відповідно до стандартів, строк придатності морозива залежить від температури його зберігання: мінус  $(18+2)$ °С — 10 місяців; мінус  $(24+2)$ °С — 12 місяців. Однак на упаковках ви можете побачити термін зберігання.

---

## **6.9. Особливості заморожування хлібобулочних виробів**

---

Заморожені хлібобулочні вироби при збереженні своїх якостей та властивостей у цьому вигляді можуть використовуватися в міні-пекарнях, ресторанах, кафе, магазинах та подібних підприємствах. Це дозволяє їм економити енергетичні ресурси та витрати на обладнання та не займатись повним циклом виробництва даних виробів.

Для отримання заморожених інших хлібобулочних виробів у промисловості застосовують метод шокowego заморожування продукції. Технології заморозки можуть відрізнятися між собою при застосуванні їх для різних виробів.

Так технологія виробництва заморожуваного хліба переважно така: частково випечені вироби заморожуються після того, як досягли

готовності 75...80 % при температурі  $-35...-40^{\circ}\text{C}$ , а пакування проводиться в спеціальній камері за температури  $0^{\circ}\text{C}$ . Зберігатися вироби в такому вигляді у шафах при температурі  $-18^{\circ}\text{C}$ . Після заморожування виробів за даною технологією та перед подальшою реалізацією їх допікають.

Також застосовується і технологія яка виключає часткову випічку, а заморожування піддається продукт у сирому вигляді. В даному випадку на підготовку до продажу готового виробу необхідно значно більше часу, оскільки спочатку виріб має відтанути впродовж півгодини, а далі пройти всі необхідні технологічні операції.

---

### **6.10. Зберігання заморожених харчових продуктів**

---

Зберігання заморожених продуктів проводиться на базових і розподільних холодильниках, у місцях їх виробництва та в торгівлі, а також у побутовій холодильній техніці споживача, причому в перших випадках може йтися про довгострокове зберігання заморожених продуктів (обчислюваних місяцями та роками), у решті – зберігання, як правило, короткочасне.

Тривалість холодильного зберігання багаторазово перевищує тривалість холодильної обробки харчових продуктів, тому виробничі площі та об'єму, що відводяться для холодильної обробки, значно менше площ та об'єму для холодильного зберігання продуктів.

При зберіганні заморожених продуктів температура досить низька, що забезпечує набагато сильніше гальмування життєдіяльності мікрофлори та ферментативних процесів, ніж при охолодженні. Тому, основний регульований параметр – температура продукту.

Допустима температура для зберігання заморожених продуктів –  $12^{\circ}\text{C}$ , а рекомендована  $-18^{\circ}\text{C}$  і нижче. Зазвичай, за її зберіганні створюють спонукальний рух повітря («тихе охолодження», оскільки виникають великі втрати (усушка) продукту).

Відносна вологість повітря в камерах зберігання заморожених продуктів не регулюється штучно, а встановлюється зазвичай мимоволі на рівні від 95 до 100 %. Режим зберігання заморожених продуктів встановлюють залежно від їх виду, упаковки, необхідного терміну зберігання. Заморожені продукти слід зберігати за нормальної температури не вище  $-18^{\circ}\text{C}$  та відносної вологості повітря 100 %. Заморожені продукти укладають щільними рядами, щоб унеможливити циркуляцію повітря всередині штабеля. Камери зберігання завантажують однорідними продуктами або з однаковим режимом (бажано та терміном) зберігання. Терміни зберігання заморожених харчових продуктів рослинного походження наведені в таблиці 6.2 – 6.5.

Таблиця 6.2

## Терміни зберігання продуктів рослинного походження

Заморожений продукт	Термін зберігання (міс.), при температурі повітря, °С		
	-12	-15	-18
Фрукти та продукти на їх основі			
Персик, абрикос, вишня (сирі)	4	18	>24
Малина, полуниця (сирі)	5	24	>24
Малина, полуниця (в цукрі)	3	24	>24
Концентрований фруктовий сік	–	24	>24
Овочі та продукти на їх основі			
Спаржа (з зеленими побігами)	3	12	>24
Зелена квасоля в стручках	4	15	>24
Капуста-броколі	–	15	24
Капуста брюсельська	6	15	>24
Морква	10	18	>24
Цвітна капуста	4	12	24
Кукурудзяні початки (нарізані)	4	15	18
Гриби	2	8	>24
Зелений горошок	6	24	>24
Солодкий перець (червоний, зелений)	–	6	12
Картопля фрі	9	24	>24
Шпинат	4	18	>24
Цибуля ріпчаста	–	10	15

Таблиця 6.3

## Терміни зберігання м'яса і м'ясопродуктів

Заморожений продукт	Термін зберігання (міс.), при температурі повітря, °С		
	-12	-15	-18
Яловичий фарш	6	10	15
Яловичина (стейки)	8	18	24
Телятина (стейки)	6	12	15
Баранина (стейки)	12	18	24
Свинина (стейки)	6	10	>24
Бекон (скибочки в вакуумній упаковці)	12	12	12
Куряче м'ясо (в тушках або частинами)	9	18	>24
М'ясо індички (в тушках)	8	15	>24
Печінка	4	12	18

Таблиця 6.4

**Терміни зберігання риби і морепродуктів**

Заморожений продукт	Термін зберігання (міс.), при температурі повітря, °С		
	-12	-15	-18
Жирна риба	3	5	>9
Нежирна риба	4	9	>12
Креветки (термооброблені або очищені)	–	2	5

Таблиця 6.5

**Терміни зберігання вершкового масла в монолітах**

Вид вершкового масла	Термін зберігання (міс.), при температурі повітря		
	-12	-15	-18
Солодковершкове:      несолене солене	9	10	12
	6	6	7
Кисловершкове несолене та солене	6	6	6
Вологодське	1,5	1,5	1,5
Шоколадне	4	5	5
Любительське	4	4	6
Селянське	1	2	3

Багато проблем вирішуються на сучасних автоматизованих, роботизованих холодильниках при зберіганні упакованих та фасованих продуктів у контейнерах, пакетах, на палетах.

У морожених продуктів випаровування вологи з поверхні викликає при тривалому зберіганні утворення різної товщини зневодненого шару. Пориста структура цього шару сприяє активізації у ньому окисних процесів. В результаті погіршуються смак, колір та зовнішній вигляд продукту. При відтаванні такого продукту зневоднений шар частково заповнює втрачену вологу, але смак і харчова цінність не можуть бути відновлені через необоротні зміни.

Інтенсивність випаровування вологи залежить від багатьох причин: динамічних властивостей повітря, виду, стану та розмірів продукту, роду упаковки, способу укладання вантажу та місця його розташування в камері, завантаженості камери, системи охолодження, теплопритоків тощо. Випаровування збільшується з підвищенням температури та зменшенням відносної вологості повітря.

Температурно-вологісний режим повітря камер зберігання в літні та зимові місяці значно різняться. Практика зберігання продуктів на сучасних холодильниках показала, що їх усушка значною мірою залежить від температури зовнішнього повітря або від зовнішніх теплопритоків через зовнішні огорожі.

---

### **Запитання для самоперевірки**

---

1. Для чого заморожують харчові продукти?
2. Які продукти рослинного походження заморожують?
3. З яких стадій складається технологічні режими заморожування плодовоовочевої продукції?
4. Як проводять заморожування м'ясо тварин та птиці в промислових умовах?
5. Наведіть технологічні особливості заморожування риби різних видів.
6. Які особливості заморожування молочних продуктів та виробництва морозива?
7. Наведіть особливості застосування заморожування у виробництві хлібобулочних виробів.
8. Наведіть температурні режими зберігання заморожених харчових продуктів.

## РОЗДІЛ 7. ОТЕПЛЕННЯ ТА РОЗМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

### 7.1. Отеплення охолоджених продуктів

Отеплення охолоджених продуктів – це процес поступового підвищення температури продукту до температури навколишнього повітря за найповнішого збереження його якості. Отеплення дає змогу запобігти відпотіванню продуктів (конденсації вологи з повітря на їх холодну поверхню) під час переходу з холодного середовища до теплого і відповідно обмінення їх мікрофлорою з повітря.

Деякі продукти не потребують спеціального отоплення, тому що волога, що конденсується на них під час підвищення температури не завдає їм шкоди (солоні рибні товари, вершкове масло тощо). Не потребують отоплення продукти в герметичній плівковій упаковці за умови їх швидкого вживання після виїмання з неї. Але для таких продуктів, як плоди, банкові консерви, отоплення необхідне.

Зазвичай отоплення проводять у повітряному середовищі, регулюючи у ньому вміст водяної пари і за можливості забезпечуючи стерильність. Отеплення продуктів, що здійснюється внаслідок теплообміну з нагрітим повітрям, слід проводити так, щоб уникнути досягнення на поверхні продукту точки роси. Водночас сухе повітря спричиняє значне всихання продукту, що також небажано. Тому під час отоплення вологовміст і швидкість руху повітря по мірі підвищення температури поверхні продукту регулюють так, щоб:

- забезпечити гарний теплообмін;
- уникнути перегрівання поверхні продукту;
- наблизити стан повітря при температурі поверхні продукту до стану насичення водяною парою.

Отеплення закінчується, коли температура поверхні продукту стає такою, що під час переміщення продукту в нові умови виключається конденсація вологи на його поверхні.

Під час отоплення прискорюються фізичні, фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні процеси. Для затримання розвитку мікроорганізмів під час отоплення застосовують фільтрування повітря, озонування, УФ-опромінення тощо.

Техніка отоплення різних продуктів, в основному, однакова. Продукти розміщують так, щоб забезпечити вільну циркуляцію повітря. Продукти в упаковці вкладають в штабель в шаховому порядку з прокладанням рейок між рядами; неупаковані продукти розташовують в тому ж порядку, як і під час їх зберігання – на підвісних коліях і



стелажах. Неприпустиме отеплення продуктів з різкими специфічними запахами разом з іншими продуктами.

Для отеплення продукту має бути підведена теплота, кількість якої дорівнює витраті холоду на охолодження того ж продукту – в тій самій кількості і в однаковому за величиною температурному інтервалі. Слід врахувати, що теплота, підведена до продукту під час отеплення в повітрі, витрачається не лише на нагрівання продукту, але і на випаровування вологи з його поверхні.

Тривалість отеплення залежить від розмірів продукту, виду тари, упаковки, їх теплофізичних властивостей, температури і швидкості руху повітря, початкової і кінцевої температури продукту. На практиці плоди і овочі під час отеплення переміщують з холодильної камери до коридорів чи до спеціальної камери, де температуру повітря поступово підвищують, і через 12...15 годин переміщують до приміщення з температурою 18...20 °С. Це дає змогу відновити біохімічні процеси, що йдуть у плодах і запобігти їх швидкому псуванню.

Отеплення переохолоджених плодів і овочів триває від кількох діб до кількох тижнів. Лише такий режим дає змогу досягти максимальної зворотності процесу і забезпечити високу якість продукції.

---

## **7.2. Розморожування харчових продуктів**

---

Розморожуванням називають технологічний процес перетворення води, що міститься в заморожених продуктах у вигляді льоду, у рідку фазу. Розморожування продуктів є заключним технологічним процесом холодильного оброблення, впродовж якого відбувається зростання температури замороженого продукту. Процес розморожування по теплофізичній сутності можна розглядати як процес, обернений до заморожування.

Розморожують майже всі заморожені продукти, крім тих, що можуть бути реалізовані у замороженому стані (м'ясо, риба, морозиво тощо). Проте перед надходженням до торгівельної мережі продукти розморожувати не рекомендується, бо навіть за нетривалого зберігання в розмороженому стані може погіршитися їх товарний вигляд. Розморожування швидкозаморожених продуктів у дрібному фасуванні, як правило, суміщають з їх кулінарним обробленням.

---

### **7.2.1. Зміни в продуктах, що відбуваються в процесі розморожування**

---

Слід враховувати, що під час заморожування і подальшого зберігання продукти під впливом різних процесів зазнають змін (часто незворотних). Тому вихідні властивості продуктів після розморожування відновлюються не повністю. Розморожування йде повільніше ніж заморожування за однакової різниці температур. Це

пояснюється тим, що коефіцієнт теплопровідності льоду в 4 рази вищий ніж у води. Під час заморожування спочатку замерзають поверхневі шари, їх теплопровідність зростає, покращується теплообмін, що прискорює процес заморожування. Під час розморожування, навпаки, насамперед розморожуються поверхневі шари, що призводить до різкого зниження теплопровідності і відповідно вповільнення самого процесу. Так, якщо час заморожування продукту становить 28 хвилин, то розморожування – близько 52 хвилин.

Уповільнення процесу в основному припадає на найкритичніший діапазон температур (поблизу точки плавлення льоду). Під час розморожування (особливо крупних об'єктів) це пов'язано з перекристалізацією, що може спричинити додаткове пошкодження тканин. На якість розмороженого продукту істотно впливають швидкість і кінцева температура заморожування: якість продуктів, заморожених швидко (при температурах  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  і нижче), зберігається краще, ніж продуктів заморожених повільно. Для збереження високої якості швидкозаморожений харчовий продукт слід так само швидко розморозити.

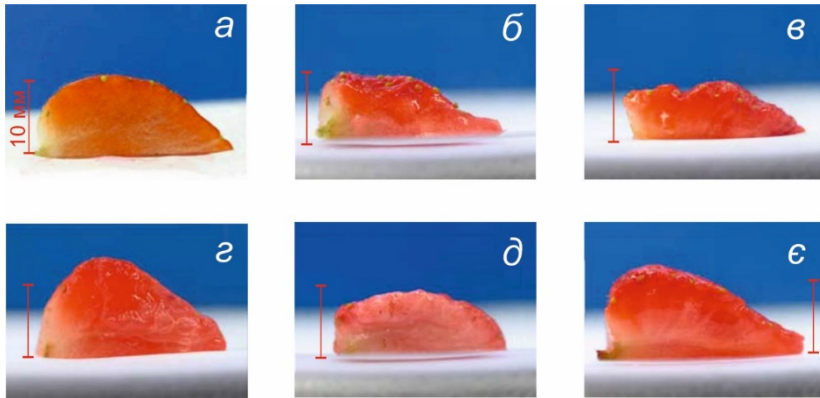
Вплив процесів заморожування і розморожування на якість продуктів у розмороженому стані дослідники пояснюють з позицій теорії кристалізації води. Швидкість заморожування є вирішальним фактором, що впливає на кількість, розміри і рівномірність розподілу кристалів льоду в тканинах. Від розмірів кристалів залежить ступінь збереження цілісності клітин і природної структури тканин. Якщо кристали льоду малі і їх розміщення приблизно відповідає природному розподілу рідини в м'язовій тканині (ситуація характерна для швидко замороженого продукту), то колоїдні системи продуктів не зазнають значних змін і повніше відновлюються після розморожування.

---

### ***7.2.2. Втрати клітинного соку продуктом***

---

Зміни відбуваються в харчовому продукті на всіх етапах холодильного оброблення (охолодження, заморожування і зберігання), стають помітними лише в розмороженому вигляді і виявляються у витіканні клітинного соку. Кількість і склад соку, що витік, визначають характер змін, у продукті під час його холодильного оброблення. Характер і глибина цих змін залежать як від умов холодильного оброблення, так і від способу і швидкості розморожування. Так полуниця заморожена різними способами після розморожування (впродовж 150 хв при температурі  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) має різну форму (рису. 6.1.) та втрату клітинного соку.



*Рис. 6.1.* Зміни розміру і форми половинки полуниці після розморожування: *а* – свіжа половинка полуниці; після розморожування:

- б* – повільне заморожування, *в* – швидке заморожування;
- г* – швидке заморожування з додаванням 3 % пектину та занурення в розчин РМЕ/Са; *д* – криогенне заморожування;
- е* – з додаванням 3 % пектину та занурення в розчин РМЕ/Са.

Основними причинами утворення і інтенсивного витікання клітинного соку під час заморожування-розморожування є:

- денатурація білків внаслідок відділення води від білкової субстанції;
- зростання концентрації мінеральних речовин у розчинах, що містяться всередині і зовні волокон;
- механічний вплив кристалів льоду на стінки м'язових волокон і на міжволоконні прошарки зі сполучної тканини тощо.

Втрати соку під час розморожування м'яса птиці залежать від фізіологічного стану м'язів, в момент заморожування вони максимальні на стадії задубіння і менш значні на інших стадіях. Залежать вони також від швидкості заморожування. За повільного заморожування в повітрі втрати зростають втричі порівняно з імерсійним методом.

Тривалість зберігання плодів і овочів після розморожування менша, ніж продуктів тваринного походження, бо вони менш стійкі до мікробіологічних і біохімічних змін. Тому розморожені плоди внаслідок швидкого псування та погіршення товарного вигляду до роздрібної торгівлі не надходять. Вони мають бути максимально швидко використані чи перероблені.

---

### **7.2.3. Класифікація та аналіз способів розморожування харчових продуктів**

---

Підприємства харчової промисловості застосовують кілька способів розморожування, у яких теплоносіями є повітря, пароповітряне середовище, вода та розсіл. Існують також способи розморожування за допомогою ультразвуку, інфрачервоних променів, електричного струму високої, надвисокої та промислової частот та під вакуумом. Способи розморожування можуть бути розбиті на три основні групи.

*Перша група* – способи, засновані на використанні різних середовищ (теплоносіїв) з різними теплофізичними властивостями, з допомогою яких відбувається конвективне нагрівання пароповітряною сумішшю, рідиною, насиченими парами води тощо.

*Друга група* – способи, в основі яких нагрівання шляхом перетворення енергії різних видів в теплову безпосередньо в продукті, що обробляється. До таких видів енергії відносяться енергія електричного поля різної частоти та енергія ультразвукових коливань. З використанням енергії змінного електричного поля нагрівання продукції за певних умов може здійснюватися рівномірно по всьому об'єму, тобто відбувається безградієнтне (рівномірне) нагрівання.

*Третя група* – комбіновані способи, що використовують одночасно конвективне та безградієнтне нагрівання. Може використовуватись повітряний, мікрохвильовий, вакуумний, електроконтактний та інші види нагріву.

При розморожуванні в електричному полі в основному використовуються три способи: із застосуванням мікрохвильового, діелектричного та електроконтактного нагріву.

При мікрохвильовому розморожуванні одночасного та рівномірного нагрівання за допомогою електромагнітного поля НВЧ піддаються всі частинки продукту (якщо продукт однорідний і розподіл поля рівномірний), і процес теплопровідності відсутня. У зв'язку з цим мікрохвильове розморожування має найвищий ступінь рівномірності нагріву продуктів по всьому об'єму.

Ступінь рівномірності тим вище, чим більша однорідність складу продукту і кількість води, що міститься в ньому. При мікрохвильовому розморожуванні продукти можна обробляти в пакувальних матеріалах, якщо вони мають відповідні діелектричні властивості (поліетилен, полістирол, ламінований картон). Діелектричне та електроконтактне розморожування із застосуванням струмів високої та промислової частот застосовують значно рідше, ніж мікрохвильове.

Найчастіше застосовують способи розморожування із застосуванням поверхневого нагріву як легко практично реалізувати,

меншою мірою — комбіновані, рідше — із застосуванням об'ємного нагріву. При застосуванні об'ємного нагріву процес відбувається значно швидше, але характеризується підвищеною витратою енергії в 8...10 разів більше, ніж при розморожуванні із застосуванням поверхневого нагріву. Крім того, установки розморожування із застосуванням об'ємного нагріву складні за конструкцією та вимагають висококваліфікованого обслуговування.

*Плоди та овочі* розморожують у повітряному середовищі при температурі близько 15 °С. Тривалість процесу в середньому становить 3 години. Для швидкого розморожування плодів застосовують також заливання їх гарячим сиропом або желе, що має температуру близько 70 °С, при цьому тривалість розморожування до температури навколишнього середовища не перевищує 30 хв. Розморожені таким способом плоди повністю готові до вживання, їх аромат і соки, що виділяються, максимально зберігаються.

Відомі також способи розморожування плодів мікрохвильовим способом заморожених у поліетиленових пакетах, а також нагріванням зануренням у теплу воду продуктів призначених для використання під час виробництва компотів.

*М'ясні напівтуші* розморожують переважно у повітряному середовищі. При температурі середовища 16...22 °С та швидкості руху повітря 1...2 м/с тривалість процесу 12...16 год. При цьому відносна вологість повітря підтримують на рівні 90...95 %. Цей спосіб набув широкого поширення на м'ясопереробних підприємствах через невелику тривалість процесу і скорочення втрат маси продукту (приблизно на 25...30 %) порівняно зі способами розморожування м'яса при знижених температурах повітряного середовища (6...8 °С).

Використовуються також способи дво- та тристадійного розморожування м'ясних напівтуш, що передбачають змінні режими обробки. При двостадійному розморожуванні застосовують підвищену температуру повітряного середовища першої стадії обробки 30...35 °С. При цьому відносна вологість повітря становить 85...90 %, а швидкість його руху 2...2,5 м/с. При досягненні поверхні м'яса температури, що дорівнює температурі точки роси циркулюючого повітря, розморожування здійснюють при температурі 20...22 °С і відносній вологості 90...95 %. При цьому швидкість повітряного середовища може залишатися незмінною або знижуватися до 0,2...0,3 м/с.

При тристадійному розморожуванні м'ясних напівтуш на початку процесу також застосовується підвищена різниця температур між повітрям та поверхнею м'яса (до 50...60 °С). При цьому відносна вологість повітря досить низька – не перевищує 60 %, а його циркуляція

інтенсивна – 4...5 м/с. Проте на першій стадії розморожування зазвичай не вдається уникнути конденсації вологи на поверхні напівтуш. Перша стадія закінчується при досягненні поверхні м'яса криоскопічної температури. На другій стадії температура повітря залишається підвищеною, а швидкість руху зменшується до 2...2,5 м/с. На третій стадії при досягненні на поверхні м'яса температури циркулюючого повітря температури точки роси, його температуру підтримують на рівні 20 °С, а відносну вологість підвищують і підтримують в межах 90...95 %. На цій стадії відбуваються власне розморожування та вирівнювання температури у всьому об'єму напівтуш.

Способи обробки із застосуванням змінних режимів повітряного середовища дозволяють скоротити тривалість процесу розморожування не менше ніж на 30...40 %, а також зменшити втрати маси продукту в 1,5 рази або повністю їх ліквідувати.

*М'ясні блоки* розморожують у повітряному середовищі, із застосуванням рідких середовищ та у вакуумі. Кінцева температура розморожених м'ясних блоків становить від –3 до 0 °С.

Найбільшого поширення на м'ясопереробних підприємствах набули способи розморожування у повітряному середовищі. У цьому параметри середовища становлять: температура 8...16 °С, відносна вологість 90...95 % і швидкість руху 0,5...2 м/с. Тривалість розморожування блоків завтовшки 120 мм при зазначених параметрах середовища не перевищує 20 год. Значно рідше застосовують розморожування м'ясних блоків у рідких середовищах та вакуумі.

*Тушки птиці* розморожують у повітряному та рідкому середовищі та у вакуумі. У повітряному середовищі їх розморожують із застосуванням режимів, аналогічних режимам обробки м'ясних блоків. Тривалість процесу при температурі повітря 15 °С, відносній вологості 90 % і швидкості руху 2 м/с у середньому становить 4 год. При розморожуванні тушок птиці (в упакованому вигляді) водою застосовують способи обробки зануренням або зрошенням. При зануренні рекомендується швидкість циркуляції води більше 0,3 м/с. Температура води при зануренні та зрошенні зазвичай не перевищує 25 °С. Найкраща якість досягається при розморожуванні зануренням у воду з температурою від 5 до 15 °С. Тривалість процесу в середньому дорівнює 2...3,5 год.

*Рибу* розморожують у повітряному середовищі, рідких середовищах, електричному полі та у вакуумі. Кінцева температура риби після розморожування в середньому дорівнює 0 °С. При розморожуванні у повітряному середовищі підтримують температуру від 8 до 10 °С, відносну вологість 90...95 %. Щоб уникнути псування

продукту, тривалість розморожування риби в повітряному середовищі не повинна перевищувати 24–28 год. Відомі також способи розморожування герметично упакованої риби повітрям, діоксидом вуглецю або азотом під надлишковим тиском до 1,8 МПа.

Найбільшого поширення набули способи розморожування риби водою. У порівнянні з повітрям у воді як теплоносія є переваги – відносно велика теплоємність дозволяє скоротити витрати води, високий коефіцієнт теплопровідності сприяє збільшенню коефіцієнта тепловіддачі від середовища до продукту. При цьому тривалість процесу скорочується не менше ніж у 3–5 рази у порівнянні з розморожуванням риби в повітряному середовищі. Для інтенсифікації процесу обробки водою додатково застосовують різні методи механічного впливу на продукти, що розморожуються (коливання, вібрація, удар, барботування води стисненим повітрям). Недоліком застосування механічної обробки являється погіршення якості продукту в результаті безпосереднього контакту з циркуляційною водою, забруднення навколишнього середовища водорозчинними білками і відносно велика витрата води. При розморожуванні блоків риби в електричному полі застосовують мікрохвильове, діелектричне та електроконтактне нагрівання.

При виробництві продуктів гарячого і холодного копчення з риби великих порід доцільно застосування швидкого поєднаного способу розморожування і просолювання шляхом шприцювання безпосередньо в товщу риби теплового розсолу концентрацією 14...16 % за допомогою установок-ін'єкторів з автоматичним регулюванням температури і тиску розсолу, що подається в голки.

Перед шприцюванням морожену рибу попередньо витримують у розсолі з температурою 30...35 °С впродовж 10...15 хв до досягнення температури риби –6...–7 °С. За такої температури шприцювальні голки легко занурюються в товщу риби. Для повного розморожування достатньо зробити 10...16 ін'єкцій уздовж спинної частини риби. Ефективність проникнення розсолу в тканину залежить від тиску розсолу. Так, при тиску 0,2 МПа розсіл проникає вздовж тканини на відстань 40...50 мм, при тиску 0,3 МПа – на відстань 170 мм.

На просолювання риби витрачається 6,5 % розсолу, решта виконує лише функцію теплоносія і в охолоджену стані виходить із тканини риби назовні. Теплообмін інтенсифікується при використанні розсолу з температурою 50 °С та вище. Весь процес розморожування та просолювання риби триває кілька хвилин.

*Блоки вершкового масла* розморожують у повітряному середовищі при температурі 10...12 °С та відносній вологості повітря 55...60 % за

4–5 діб. При цьому відносно швидко випаровується іній з поверхні упаковки блоків і продукт не пліснявіє.

*Блоки сиру* розморожують у повітряному середовищі, а також за допомогою рідких теплоносіїв, що циркулюють через розподільну стінку. У повітрі сир розморожують за нормальної температури 35...40 °С та швидкості його руху 3...4 м/с, оскільки при повільному розморожуванні відбувається погіршення якісних показників продукту, особливо у поверхневому шарі. Для розморожування як рідкі теплоносії (через теплопередавальну стінку) застосовують воду або розсіл з температурою 40...50 °С. Розморожування проводять до кінцевої середньооб'ємної температури 0 °С.

*Хліб* розморожується перед відправкою до торговельної мережі. За якісними показниками розморожений хліб має максимально наблизитися до свіжого. Розморожування виробів перед реалізацією можна проводити за температури від 20 до 50 °С. Вироби розморожуються при кімнатній температурі, гарячим повітрям у спеціальних шафах, хлібопекарських печах, струмами високої частоти та іншими способами.

Найбільш простим є спосіб розморожування в хлібосховищах за кімнатної температури. Однак за такого режиму вироби розморожуються досить тривалий час. Розморожування хліба масою 800 г при температурі 20 °С триває понад 4 години, а упакованого – понад 5 годин. У цей період починається процес черствіння хліба, що знижує якість хлібобулочних виробів.

Швидко розморожені вироби мають кращу якість, ніж розморожені повільним способом, оскільки черствіння хліба відбувається повільніше. Тим не менш, прискорене розморожування при підвищених температурах повітря призводить до швидкого нагрівання зовнішнього шару хліба, тоді як основна внутрішня частина м'якуші ще не розморожена, що негативно впливає на якість виробів. У зв'язку з цим найбільш раціональними параметрами в камері розморожування хліба вважаються температура повітря 50 °С, швидкість його руху становить 0,75 м/с і відносна вологість 50...60 %. Однак цей спосіб є досить тривалим і становить 1...2 години.

Застосування для нагрівання інфрачервоних променів інтенсифікує процес розморожування хлібобулочних виробів у 2...4 рази, порівняно із звичайним конвективним способом, не погіршуючи їх якості. Найбільш інтенсивно протікає процес у хлібопекарських печах, при температурі 200...210 °С тривалість процесу становить близько 2,5 хв. У печах із мікрохвильовим нагріванням тривалість розморожування хлібобулочних виробів становить 0,5...1,5 хв.



---

### **Запитання для самоперевірки**

---

1. Для яких харчових продуктів і за яких режимів проводять отеплення?
2. Який процес називають розморожуванням?
3. Які зміни відбуваються в продуктах в процесі розморожування?
4. Від чого залежить втрата клітинного соку під час розморожування?
5. Наведіть способи розморожування харчових продуктів.
6. В чому полягають технологічні режими розморожування рослинної продукції?
7. За яких режимів розморожують м'ясо тварин і птиці?
8. Наведіть особливості технологій розморожування риби.
9. Які особливості режимів розморожування молочних та хлібобулочних продуктів?

## РОЗДІЛ 8. ТЕХНОЛОГІЯ ЗБЕРІГАННЯ ПРОДУКТІВ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

### 8.1. Характеристика об'єктів зберігання

Біохімічні та фізіологічні процеси, що відбуваються в плодах і овочах при холодильному зберіганні, залежать від індивідуальних особливостей продукту. Як об'єкти зберігання всю плодовоовочеву продукцію доцільно розділити на чотири групи.

**Перша група.** До неї відносять вегетативні органи дворічних овочевих рослин: корені, цибулини, бульби та качани, які в міру диференціації точок зростання утворюють репродуктивні органи, здатні розвиватися далі і давати насіння на другий рік. До цієї групи слід включити і редис, незважаючи на те, що це однорічна рослина. Холодильне зберігання моркви, буряка, ріпи, цибулі, капусти, картоплі та інших овочів першої групи супроводжується станом глибокого і неглибокого (вимушеного) спокою. Глибокий період спокою характеризується тим, що навіть при наявності сприятливих умов відсутня диференціація точок зростання і проростання не відбувається. При неглибокому періоді спокою створюються відповідні умови, при яких починається проростання. Режимні параметри для холодильного зберігання овочів, що відносяться до першої групи, встановлюються в залежності від мети зберігання зазначених об'єктів. Об'єктам зберігання, призначеним для продовольчих цілей або переробки, створюють такі умови, при яких диференціації точок зростання не відбувається або вона протікає повільно. Якщо це маточники, встановлюються такі режимні параметри, при яких репродуктивні органи утворюються тільки в кінці зберігання. Передчасне проростання точок зростання маточників небажано, так як паростки можуть обламатися при посадці, що сильно знизить врожайність посадкового матеріалу.

**Друга група.** Включає в себе плоди (зерняткові, тропічні і субтропічні) і плодові (гарбузові та томатні) овочі. Об'єкти зберігання – соковиті органи з насінням. Часто ці плоди надходять на зберігання недозрілими. Тому тривалість їх зберігання залежить від динаміки післязбирального дозрівання, на яку впливають режим зберігання, ступінь зрілості, вид, сортові та інші індивідуальні особливості об'єктів зберігання.

**Третя група.** До цієї групи відносять кісточкові плоди і ягоди, а також гриби. Плоди і ягоди збирають у технічній та споживчій ступеня зрілості, з повністю сформованими дозрілими насінням. Особливість

всіх кісточкових і ягід полягає в тому, що вони не витримують тривалого зберігання, так як мають тонку шкірку і соковиту ніжну м'якоть. При масовій збиранні врожаю плоди часто пошкоджуються, створюються умови для розвитку життєдіяльності мікроорганізмів і різних захворювань, що також призводить до значного скорочення термінів їх зберігання.

**Четверта група.** У цю групу входять листові (салатно-шпинатові та десертні) овочі. Дані об'єкти зберігання ніяких біологічних функцій після відділення від материнської рослини не виконують. Листові овочі мають велику поверхню випаровування, високу інтенсивність дихання і швидко в'януть. Тому тривалість їх зберігання порівняно з іншими продуктами значно залежить від швидкості створення необхідних технологічних параметрів процесу.

---

## **8.2. Зберігання рослинної продукції з штучним охолодженням в природно і регульованому газовому середовищі**

---

Зберігання рослинної продукції з штучним охолодженням здійснюється в холодильниках з природно газовим середовищем, (РГС) і модифікованими середовищами (МГС).

---

### **8.2.1. Холодильники з природнім газовим середовищем**

---

Більшість холодильників використовують для зберігання плодово-ягідної продукції. Холодильники можуть включати камери попереднього охолодження, камери схову, камери прискореного дозрівання плодів, відділення товарної обробки продукції, машинне відділення і підсобні приміщення для обслуговуючого персоналу. Найбільш поширене планування, при якому в одному торці будівлі розташований цех товарної обробки з обладнанням і запасом тари, в іншому – машинне відділення, а між ними розміщують камери зберігання з виїздом в ізольований холодний коридор. Таке планування знижує втрати холоду при проведенні вантажних робіт в камерах в теплий період року. Для вивантаження продукції, доставленої автотранспортом, у одній з поздовжніх сторін будівлі споруджують криту платформу, по висоті відповідній кузова автомобіля. Великі холодильники обладнають двома платформами: з одного боку – автомобільної, з іншого – залізничної. Висота останньої повинна відповідати рівню підлоги вагона. Залежно від загальної місткості холодильника і його призначення обсяг камер зберігання становить 100...500 т. Чим більше місткість камери, тим ефективніше вона використовується, так як зменшується площа, відведена під проїзди і проходи. Однак у великих камерах складніше організувати необхідний

режим примусової вентиляції. Висота камер становить 4,8...8,2 м і визначається міцністю будівельних конструкцій сховища, в першу чергу – підлоги, а також залежить від висоти підйому штабелерів-навантажувачів.

Висота камер визначається кількістю продукції, розміщеної на 1 м<sup>2</sup> корисної площі. Стабільність заданого режиму зберігання в холодильниках багато в чому залежить від теплоізоляції будівельних конструкцій камер. Для цього на стінах і перекриттях зсередини монтують необхідний шар теплоізоляційного матеріалу, покриваючи його з обох сторін шаром паро- та гідроізоляції. Спочатку стіни покривають гарячим бітумом, який служить гідроізоляційним шаром і клеїть матеріалом для подальших плит з теплоізоляційного матеріалу з малою теплопровідністю і об'ємною масою, але досить міцних. Цей шар наносять ретельно, не допускаючи його зволоження. Зовні його покривають пароізоляційним матеріалом. Підлогу камер покривають цементом або асфальтом і зазвичай не теплоізольовують. Але, щоб уникнути витoku холоду в стиках статі зі стінами, шар теплоізоляції опускають нижче рівня підлоги або виводять його під підлогу. Вимоги до теплоізоляції дверей в холодильниках значно вище, ніж в сховищах. У дверну панель монтують шар теплоізоляційного матеріалу, захищеного від зволоження. Висота дверей визначається габаритами внутрішньоцехового транспорту. По периметру дверей і дверного отвору кріплять гумові ущільнюючі прокладки. Біля дверей великих камер встановлюють теплоізольовуючу повітряну завісу. Вентилятор забирає повітря в камері і направляє його через розтруб плоскою струменем з великою швидкістю вздовж дверного отвору, відсікаючи зовнішнє повітря.

Для штучного охолодження використовують переважно компресорні холодильні установки. Ефективні також спеціальні повітроохолоджувачі, що встановлюються на підлозі камери на постаментах або підвішуються на стіни або стелю. Вони являють собою зблоковані в загальному кожусі випарник холодильної установки, вентилятор і, якщо потрібно, зволожувач повітря. Повітря забирається вентилятором з камери, зволожується, далі охолоджується випарником і повертається в камеру. Іноді повітроохолоджувачі встановлюють в коридорі або окремому приміщенні, а для забору і повернення повітря їх з'єднують з камерою зберігання повітропроводами.

Розміщення повітроохолоджувачів поза камерою або підвішування їх на стелі збільшує площу завантаження продукцією. У разі застосування змішаної системи охолодження камер

повітроохолоджувачі інтенсивно охолоджують продукцію, а пристінні батареї локалізують надходження зовнішніх припливів тепла в камеру.

У камерах холодильників через конденсацію і виморожування води на поверхні охолоджуючих приладів повітря значно осушується, що призводить до значних втрат маси продукції. Усунути цей недолік дозволяє створення в камері схову повітряної сорочки. Для цього зовні по периферії камери зберігання оточують повітряною порожниною, в якій встановлюють батареї охолодження. Охолоджене до заданої температури повітря рівномірно циркулює всередині порожнини повітряної сорочки за допомогою вентиляторів. Камера зберігання не сполучується з повітряною порожниною, але температура в них створюється однакова. Така конструкція більш ефективно локалізує зовнішні теплоприпливи і виключає конденсацію вологи в камері схову. Це забезпечує стабільність режимних параметрів (температури і вологості) і, як наслідок, знижує втрати продукції, що зберігається. Однак при такій конструкції на будівництво камер з повітряної сорочкою вищі, порівняно з тими що традиційно застосовуються на практиці.

При зберіганні продукції в замкнутому просторі в умовах штучного охолодження відносна вологість встановлюється на рівні рівноважної вологості повітря: для картоплі – 95,2 %, капусти – 99,6 %, цибулі – 77 %, 4 і моркви – 99,8 %. Продукція в таких умовах самостійно регулює вологість повітря всередині штабеля, а при високому ступені завантаження об'єму приміщення – і в повітрі, що оточує продукцію. Вологість необхідно підтримувати на рівні, що забезпечує відсутність конденсату вологи на внутрішніх поверхнях огорожень. Для зволоження повітря в сховищах використовують різні зволожувачі і розпилувачі. Розроблено спосіб зволоження повітря, що подається в продукцію при активному вентиляванні. Спосіб заснований на розпиленні води струменем повітря. Для фруктосховищ використовують автоматичний паровий зволожувач. Пар подають через випускний клапан і паропровід в потік холодного повітря на виході з повітроохолоджувача. Зниження втрат маси продукції за рахунок усушки можна також досягти розміщенням плодів і овочів в тарі, що вистилає полімерною плівкою. Щоб уникнути підморожування або переохолодження плодів і овочів в камерах зі штучним охолодженням штабель тари з продукцією розміщують на відстані 0,5...0,6 м від охолоджуючих батарей, а між ними підвішують захисний екран з полімерної плівки. При холодильному зберіганні ретельно стежать за зміною температури і вологості повітря в камерах. Якщо в камері

температура знизилася нижче допустимої, підвищувати її необхідно поступово, щоб уникнути потемніння і розм'якшення тканин.

---

### **8.2.2. Холодильники з регульованим газовим середовищем**

---

У сховищах з регульованим газовим середовищем, крім підтримки заданої температури і вологості повітря, забезпечується можливість зміни його газового складу. Необхідний газовий режим в холодильній камері (тобто необхідне співвідношення між концентрацією кисню, вуглекислого газу та азоту в атмосфері камери) може бути досягнуто природним біологічним шляхом (в результаті дихання плодоовочевої продукції) або створений штучно шляхом введення в камеру спеціально приготованих газових сумішей або їх окремих компонентів. У першому випадку склад газового середовища встановлюється пасивним способом протягом 0,5...1 місяці від початку зберігання, тобто створюється модифікована газове середовище (МГС). У другому, активному способі, газова суміш певного складу готується і подається в камеру зберігання з допомогою спеціальних агрегатів і установок. Тривалість формування газового середовища в камері становить від декількох годин або навіть діб. Цей спосіб називають зберіганням у регульованій (зміненій, контрольованій) атмосфері (газовому середовищі), скорочено РГС. У герметичних сховищах з МГС застосовуються огорожі камер високої щільності, які забезпечує низький газообмін через їх поверхню. В даному випадку необхідний рівень концентрації кисню і вуглекислого газу в камері створюється і підтримується за рахунок фізіологічної активності рослинної продукції. У негерметичних сховищах з огорожами низької щільності об'єкти зберігання розміщують в спеціальній герметичній тарі (в пакетах, контейнерах тощо). Сховища з РГС є напівгерметичні камери з огорожами середньої щільності, в яких підтримання необхідного режиму досягається штучно шляхом подачі газового середовища певного складу із зовнішніх джерел (генератори, азотні установки, балони тощо).

---

### **8.2.3. Склад газових сумішей**

---

У практиці зберігання плодів в камерах з газовим середовищем необхідного складу використовують газові суміші з різною концентрацією кисню, вуглекислого газу та азоту. У всіх випадках їх основу становить азот, концентрація якого в залежності від виду використовуваної суміші становить 79...97%. Застосовують так звані *нормальні газові суміші*, в яких сумарна концентрація кисню і вуглекислого газу дорівнює сумарній концентрації кисню і вуглекислого газу в повітрі, тобто 21%.

даного типу, в яких міститься 5...10 % вуглекислого газу, 16...11 % кисню і 79 % азоту. Гальмівна дія нормальних газових сумішей базується переважно на високій концентрації вуглекислого газу, граничне значення якої становить 10 %. У цьому випадку концентрація кисню, знижується до мінімуму, рівного 11 %, істотно не гальмує проходження біохімічних процесів в плодах.

Більш ефективні газові суміші, де сумарна концентрація кисню і вуглекислого газу нижче 21 %. Такі суміші називаються *субнормальні*. Найбільш поширені субнормальні суміші, в яких міститься 3...5 % кисню, 0...5 % вуглекислого газу і 97...90 % азоту. Субнормальні газові суміші затримують дозрівання плодів в результаті одночасного значного збіднення середовища киснем і збагачення її вуглекислим газом. Вони сильніше сповільнюють процеси дозрівання плодів, сприяють кращому збереженню кольору, твердості і смакових якостей (особливо – кислотності) плодів. Крім того, в результаті одночасного зниження концентрації кисню (менше 5 %) і накопичення вуглекислого газу (до 5 %) помітно призупиняється розвиток функціональних розладів, які часто виникають при використанні нормальних сумішей.

Для зберігання деяких плодів, особливо-чутливих до вуглекислого газу, іноді застосовують субнормальні газові суміші, які характеризуються мінімально допустимою концентрацією кисню 2...3 % при відсутності або дуже невеликій концентрації (менше 1...2 %) вуглекислого газу. Ці суміші зазвичай виділяють в самостійну групу. Вони в меншому ступені уповільнюють дихання плодів і використовуються лише для тих видів і сортів плодів, які не витримують більш високої концентрації вуглекислого газу.

Субнормальні суміші використовують, як правило, при температурі трохи вище 0 °С і відносній вологості 90...95 %. При більш низькій температурі в умовах підвищеної вологості збільшується чутливість плодів до вуглекислого газу.

У рекомендаціях Міжнародної організації зі стандартизації (ISO) наводяться чотири найбільш характерних типу газових сумішей для зберігання фруктів та овочів в камерах з РГС (табл. 8.1).

Таблиця 8.1

Типи сумішей	Вміст, %		
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
I (субнормальна)	3	5	92
II (нормальна)	11	10	79
III (субнормальна)	3	0	97
IV (нормальна)	12...16	5...9	Решта

Аналіз застосовуваних типових газових сумішей підтверджує, що існують певні гранично допустимі значення концентрацій кисню і вуглекислого газу (рис. 8.1), обумовлені біохімічними особливостями зберігання плодів. Для кисню граничне значення – 2 % (мінімум), для вуглекислого газу – 10 % (максимум).

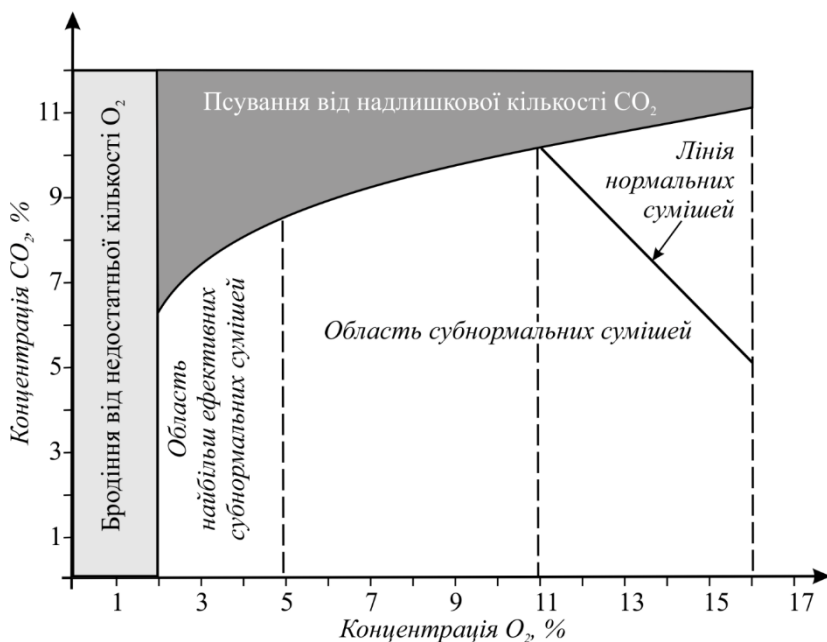


Рис. 8.1. Типи газових сумішей і граничні зони їх використання

Ступінь впливу різних нормальних і субнормальних газових сумішей на інтенсивність дихання плодоовочевої продукції можна оцінити за даними табл. 8.2. Як видно з таблиці, максимальне зниження інтенсивності дихання фруктів і овочів досягається за умов, коли в газовому середовищі камери схову міститься 5 %  $\text{CO}_2$  і 3 %  $\text{O}_2$ . У цьому випадку інтенсивність дихання продукції знижується в 1,06...1,26 рази в порівнянні зі зберіганням у субнормальних газових середовищах іншого складу і в 1,18...1,68 рази – в нормальних газових середовищах при такому ж температурному режимі.

Тому зберігати фрукти і овочі в холодильних камерах з РГС слід, як правило, в найбільш ефективних субнормальних газових середовищах I типу. Режим зберігання, що характеризується концентрацією кисню 3 %



і вуглекислого газу 5 %, може служити розрахунковим при проектуванні камер з РГС і підборі спеціального обладнання для формування та підтримки в них заданого газового складу середовища.

Таблиця 8.2

**Інтенсивність дихання рослинної продукції в камерах з МГС і РГС**

Типи сумішей	Вміст, %		КO <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> , частка одиниці
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	
Нормальні газові суміші			
II	11,0	10,0	0,506
IV	12,0	9,0	0,543
IV	13,0	8,0	0,582
IV	14,0	7,0	0,624
IV	15,0	6,0	0,670
IV	16,0	5,0	0,718
Субнормальні газові суміші			
III	3,0	0,0	0,496
I	3,0	3,0	0,453
I	3,0	5,0	0,427
III	5,0	0,0	0,491
I	5,0	3,0	0,537
I	5,0	5,0	0,462

За даними ІСО, газове середовище з концентрацією кисню 3 % і вуглекислого газу 5 % є найбільш поширене у світовій практиці і рекомендується для 75 % вивчених сортів фруктів і овочів, районованих в Європі, Північній Америці, а також в основних районах виробництва плодів в Україні, Республіці Молдова, Казахстані, на Північному Кавказі та Польщі. Слід зазначити, що необхідна ефективність зберігання плодоовочевої продукції досягається лише при правильному підборі всіх параметрів середовища, що становлять у сукупності оптимальний режим зберігання плодів в камерах з РГС (оптимальні для конкретних видів і сортів газовий склад суміші, значення температури і відносної вологості середовища).

Незадовільні результати, одержувані при зберіганні в камері з РГС будь-якого виду або сорту плодів, часто є результатом неправильного вибору режиму зберігання і не пов'язані з придатністю даного виду або сорту продукції для зберігання в газовому середовищі. Рекомендовані орієнтовні режими і терміни зберігання конкретних видів і сортів

фруктів і овочів в холодильних камерах з РГС в кожному окремому випадку уточнюють експериментальним шляхом, оскільки індивідуальні властивості рослинної продукції залежать від умов вирощування, їх стану тощо. Це особливо важливо для сортів, зберігання яких в умовах РГС ще не проводилося.

Встановлення оптимального складу газової суміші, як і сама технологія зберігання плодів в камерах з РГС, значно полегшується при скороченні числа сортів конкретного виду плодів, які закладаються на тривале зберігання. Режим зберігання в РГС необхідно встановлювати в першу чергу для найбільш цінних і перспективних для промислового зберігання сортів плодів. Так, у Франції майже 80 % всіх яблук, що зберігаються з використанням РГС, доводиться тільки на один сорт – «Голден Делішес». Для цього сорту раціональний склад газової суміші, встановлений у Франції, становить 3 % O<sub>2</sub> і 3...5 % CO<sub>2</sub> при температурі 2...3 °С, в США – 3 % O<sub>2</sub> і 2 % CO<sub>2</sub> при 1° С, в Голландії – 10...11 % O<sub>2</sub> і 10 % CO<sub>2</sub> при 3 °С.

З метою спрощення завдання при створенні і експлуатації холодильних камер з РГС, а також при підборі спеціального інженерного обладнання рекомендується приймати єдині розрахункові параметри середовища (табл. 8.3).

Таблиця 8.3

### Рекомендовані розрахункові параметри середовища

Параметр	Кількісний показник
Концентрація	
– кисню	3 % (±1 %)
– вуглекислого газу	5 % (±1 %)
– азоту	92 % (±1 %)
Температура	від 0 до 4 °С (± 0,5 °С)
Відносна вологість	90...95 % (±1...2 %)

Допустимі коливання розрахункових параметрів газового середовища відповідають вимогам технології зберігання фруктів та овочів. Більш жорсткі вимоги щодо коливань температури і вологості середовища, в порівнянні зі звичайними холодильними камерами, пов'язані з необхідністю запобігання різких коливань тиску в камерах з РГС і конденсації вологи на продукції, що зберігається.

---

#### **8.2.4. Створення та підтримка газових середовищ**

---

Необхідне співвідношення між концентраціями  $O_2$  і  $CO_2$  в газовому середовищі камер з МГС і РГС може підтримуватися такими способами:

- організацією газообміну в об'ємі камери для зберігання продукції, шляхом застосування селективно-проникних для компонентів газового середовища фільтрів. Фільтри можуть бути огорожами ємності, входити до їх складу у вигляді вставок або розміщуватися окремо від ємності для зберігання. В останньому випадку через фільтри прокачують газову суміш з ємності (природне формування газового середовища, нормальні і субнормальні газові суміші);

- заміною частини газового середовища камери на зовнішнє (природне формування газового середовища, нормальні газові суміші);

- видаленням надлишку вуглекислого газу за допомогою спеціальних пристроїв (скрубєрів) з абсорбційними або адсорбційними поглиначами  $CO_2$  (природне формування газового середовища, субнормальні газові суміші);

- організацією газообміну між середовищами всередині та зовні камери через дифузійні газообмінні, газорозділювальні пристрої з селективно-проникних для компонентів газового середовища матеріалів (природне формування газового середовища, субнормальні газові суміші);

- заміною частини газового середовища камери на приготовлену в спеціальних установках-генераторах (штучне формування газового середовища, субнормальні газові суміші).

При природному формуванні газового середовища створюються нормальні або субнормального газові суміші, а їх склад підтримується в необхідних межах.

Найбільш простий метод створення МГС – упаковка плодів і овочів в поліетиленові плівки (рис. 8.2). В даному випадку добре зберігання продукції обумовлене швидким створенням високої вологості середовища, сприятливого для запобігання втрат маси і в'янення; створенням підвищеної концентрації  $CO_2$ , що знижує інтенсивність дихання і втрати поживних речовин продукту. Упаковка з поліетиленової плівки захищає продукцію від механічних пошкоджень, а також обмежує перенесення на неї спор фітопатогенних мікроорганізмів.

Для створення МГС застосовують такі матеріали:

1. Вкладиші з поліетиленової плівки товщиною 100...200 мкм з відкритим верхом в типових контейнерах. В таких ємностях відносна

вологість повітря встановлюється на рівні 97...99 %, концентрація  $\text{CO}_2$  – 1...2 %.

2. Герметичні упаковки з поліетиленової плівки використовують при зберіганні сортів яблук, стійких до  $\text{CO}_2$ . Дуже важливо перед герметизацією пакета охолодити продукцію до температури зберігання, що запобігає запотіванню усередині пакета. Приблизно через 1 місяць склад газового середовища при товщині плівки 40 мкм і місткості пакетів 2...3 кг встановлюється на рівні 3...5 %  $\text{CO}_2$  і 16...18 %  $\text{O}_2$ . Таким же способом можна зберігати зелені овочі, а також помідори, огірки і кольорову капусту.

3. Перспективне використання так званих пружних пакетів, коли в герметичні поліетиленові пакети упаковують зелені овочі, а потім вводять в упаковку під тиском газоподібний азот. Вміст кисню знижується в цьому випадку до 10...12 %.

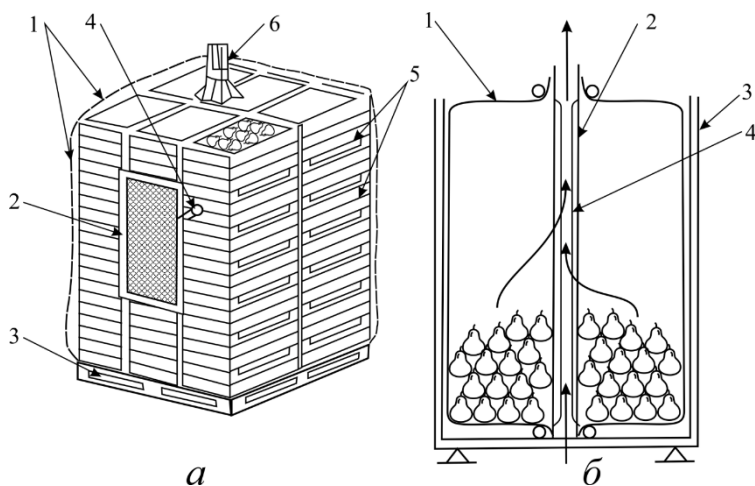


Рис. 8.2. Контейнери для створення МГС:

*а* – великогабаритний поліетиленовий контейнер з силіконовим газообмінником (1 – поліетиленова плівка, 2 – газообмінник, 3 – піддон, 4 – трубка з затиском для взяття проб атмосфери на аналіз, 5 – ящики з продукцією, 6 – горловина контейнера); *б* – контейнер з поліетиленовим вкладишем і теплогазообмінником (1 – вкладиш; 2 – теплогазообмінник, 3 – стінка контейнера, 4 – селективно-проникний мембрана)

4. Упаковки з поліетиленових плівок з селективно-проникними мембранами. Як селективно-проникних матеріалів використовують силіконову гуму. Мембрани вклеюють в бічну стінку герметичного контейнера з поліетиленової плівки для яблук місткістю 500 або 1000 кг. Склад газового середовища встановлюється в оптимальних для зберігання межах:  $O_2$  – 3...10 %,  $CO_2$  – 1...5 %.

5. Індивідуальні покриття плодів і овочів волого- і газозахисними складами. Їх виготовляють на основі воску або парафіну з додаванням фізіологічно активних і фунгітоксичних речовин. Такі покриття знижують випаровування вологи і створюють змінений склад газового середовища в міжклітинних просторах плодів і овочів. Так, наприклад, можна використовувати підігріту до 60...70 °C суміш пластифікованого парафіну (97...98 % парафіну і 2...3% моногліцерину), в яку занурюють плоди і овочі на 2...3 с з подальшим формуванням на поверхні продукту покриття невеликої товщини.

У тому випадку якщо потрібно отримати нормальну суміш в камері, склад газового середовища регулюють таким чином. В результаті дихання плодів концентрація  $CO_2$  в герметичній камері збільшується, а  $O_2$ , відповідно, зменшується, при цьому сумарна концентрація обох компонентів залишається незмінною і рівною 21 %. Збільшення концентрації вуглекислого газу усувають вентиляванням – подачею в камеру зовнішнього повітря в кількості, яка врівноважує споживання кисню плодами. У разі застосування субнормальних газових сумішей спочатку в герметичній камері в результаті дихання плодів встановлюється необхідна підвищена концентрація вуглекислого газу, а потім видаленням надлишку  $CO_2$  доводять до заданого значення концентрацію кисню. Отриману таким шляхом необхідну концентрацію компонентів газового середовища в подальшому регулюють одночасним додаванням в камеру  $O_2$  і видаленням з неї надлишків  $CO_2$ . Додавання  $O_2$  здійснюють вентиляванням камери зовнішнім повітрям, а відведення  $CO_2$  – поглинанням в скруберах або дифузійних установках. Спосіб природного формування газового середовища, заснований на використанні процесу дихання фруктів і овочів, забезпечує отримання необхідних значень концентрацій  $O_2$  і  $CO_2$  за 2...4 тижні, залежно від досягнутого ступеня герметичності камери, виду, сорту і стану плодів, типу газового середовища.

Для регулювання концентрації вуглекислого газу при природному освіті газових сумішей в камерах з огорожами високої щільності найбільшого поширення набули скрубери, апарати в яких поглинається надлишок вуглекислого газу з газової суміші шляхом абсорбції або адсорбції його хімічними або фізичними речовинами (поглиначами). Як

поглинач вуглекислого газу в скруберах використовують активоване вугілля, молекулярні сита, адсорбент Ф-1, розчин вуглекислого калію (поташ), розчини етаноламіну тощо. Робота скрубєрів базується на децентралізованій схемі «камера – скрубєр – камера» або на централізованій – «група камер – скрубєр – група камер». В даний час найчастіше застосовують двосекційні скрубєри безперервної дії, що працюють по децентралізованій схемою (рис. 8.3). Одночасно з поглинанням вуглекислого газу в одній із секцій в іншій відбувається регенерація поглинача атмосферним повітрям. Секції поперемінно перемикаються з режиму поглинання на режим регенерації за допомогою автоматичних клапанів.

Підтримка в камерах з МГС високої щільності субнормальних газових середовищ при їх природному формуванні за допомогою дифузійних газообмінних і газороздільних пристроїв побудована на селективній (вибірковій) дифузії газів через високопроникні полімерні або силіконово-каучукові мембрани (плівки). Поділ газової суміші в них здійснюється на мембранних дифузійних елементах, об'єднаних колекторами. Циркуляція газового середовища камери через такі елементи викликає селективний газообмін з навколишнім середовищем, внаслідок якого всередині камери створюється атмосфера необхідного газового складу.

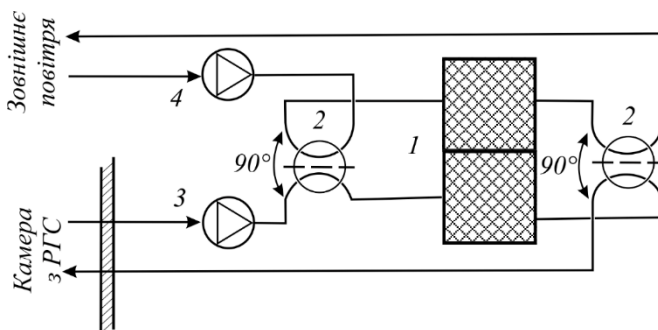


Рис. 8.3. Принципова схема скрубєра для поглинання  $\text{CO}_2$  при природному утворенні газових середовищ:

1 – двосекційний адсорбєр  $\text{CO}_2$ ; 2 – автоматичні чотирьох ходові клапани; 3 – вентилятор газової суміші; 4 – вентилятор для регенерації

Газообмінні і газороздільні пристрої працюють, як правило, за схемою «камера – дифузійний апарат – камера». Перевагами цих пристроїв, у порівнянні з генераторами, є незначна витрата електроенергії, відсутність потреби в горючих газах, простота

обслуговування і безпека експлуатації; недолік – залежність від інтенсивності природного формування газового середовища плодами в процесі дихання й пов'язана з цим неможливість прискореного виведення камери на заданий газовий режим. З огляду на зазначений недолік, дифузійні апарати часто доповнюють установками для штучного формування газового середовища з підвищеним вмістом азоту.

При штучному формуванні газових середовищ за допомогою спеціальних установок, що генерують газові суміші або їх окремі компоненти, застосовують тільки субнормального газові суміші, що забезпечують найбільш ефективне зберігання плодоовочевої продукції в камерах з РГС. На відміну від природного (біологічного) формування газових середовищ, застосування РГС дозволяє при необхідності частково завантажувати і розвантажувати камери в процесі зберігання, а також автоматизувати підтримку концентрацій  $O_2$  і  $CO_2$  в заданих межах. Крім того, при штучному створенні газових середовищ знижуються вимоги до герметичності камер з РГС.

Для продукції з невеликим терміном холодильного зберігання доцільно застосування штучного формування газових середовищ, оскільки в камерах не встигає створюватися необхідна газове середовище природним шляхом за рахунок дихання продукції (наприклад, для ягід, зелені, квітів тощо). У зв'язку з тим, що штучне формування газових середовищ не виключає процесів життєдіяльності збережених плодів, то в цілях економії витрат на практиці прагнуть поєднати його з природним. Штучну генерацію газових середовищ в цьому випадку використовують на додаток до природної, в періоди формування необхідного газового режиму, часткового вивантаження або розгерметизації камери.

Технологія зберігання в зміненому, в порівнянні з нормальною атмосферою, газовому середовищі відрізняється складністю і порівняно високими витратами, тому її переважно застосовують для зберігання цінних сортів яблук і груш, винограду і цитрусових плодів. Тривалість зберігання фруктів та овочів в камерах з РГС багато в чому визначається правильним підбором газового середовища чітко визначеного складу для кожного виду і сорту рослинної продукції. При цьому повинні бути враховані їх біохімічні та фізіологічні особливості, умови вирощування, збору і зберігання. У табл. 8.4 наведені дані тривалості холодильного зберігання плодів і ягід в середовищах різного газового складу.

Для створення і підтримки в камерах з стінками зниженої щільності найбільш часто використовують спеціальні системи генерування газових середовищ (газогенератори). Отримані в них газові суміші

являють собою продукти згоряння або каталітичного окислення вуглеводневого палива, наприклад – пропану. Таким чином виходить суміш, що складається з  $N_2$ ,  $CO_2$ , парів води і невеликої кількості продуктів неповного згоряння. Дану суміш очищають від надлишку  $CO_2$  і продуктів неповного згоряння, охолоджують до температури зберігання і направляють в камеру з РГС холодильника.

Таблиця 8.4

**Тривалість зберігання плодів і ягід  
в середовищах різного газового складу**

Продукція	Тривалість зберігання	
	При звичайному складі газового середовища	У регульованого газового середовища
Яблука («Голден Делішес»)	5 місяців	8 місяців
Груші («Вільямс»)	2 місяці	5 місяців
Виноград	3 місяці	6 місяців
Персики	5 тижнів	10 тижнів
Вишня	10 днів	32 дні
Чорна смородина	7 днів	42 дні
Суниця садова	5 днів	30 днів

Як середовище, в якій спалюються горючі гази, може використовуватись атмосферне повітря або газове середовище камери схову. У першому випадку отримується в газогенераторе газову суміш подають в камери і поступово заміщають нею газове середовище камер. Такі генератори відносяться до установок проточного типу та працюють вони по відкритій схемі «атмосфера – генератор – камера – атмосфера» (рис. 8.4, а). У другому випадку газове середовище відбирається з камери, надлишок кисню в ній «випалюється», і очищена газове середовище подається назад в камеру. Такі генератори відносять до установок рециркуляційного типу, працюють вони за замкнутою схемою «камера – генератор – камера» (рис. 8.4, б). В генераторах цього типу застосовують тільки спеціальні каталітичні пальники, в яких можна спалювати горючі гази в середовищі з низькою концентрацією  $O_2$ .



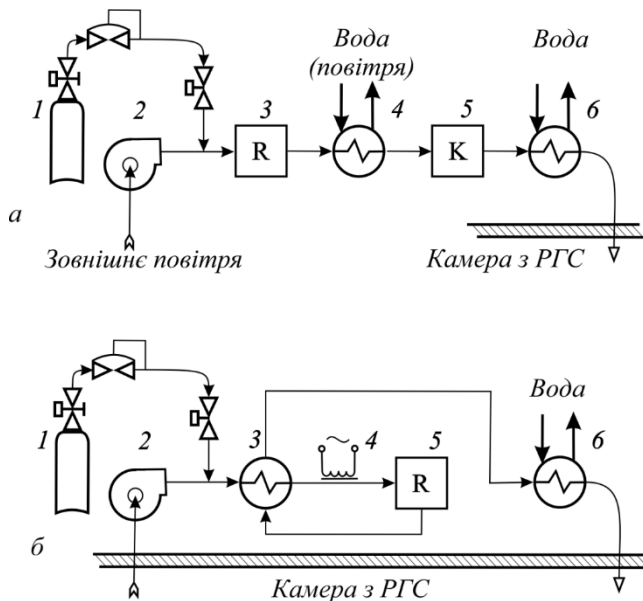


Рис. 8.4. Принципова схема установки

для штучного утворення газових середовищ:

- а* – з генератором проточного типу (1 – балон для зрідженого газу, 2 – вентилятор, 3 – реактор (пальник), 4 – проміжний охолоджувач, 5 – каталізатор, 6 – кінцевий охолоджувач);
- б* – з генератором рециркуляційного типу (1 – балон для зрідженого газу, 2 – вентилятор, 3 – теплообмінник, 4 – електронагрівач, 5 – реактор (пальник), 6 – охолоджувач)

Газове середовище виробляється генераторами різних типів за складом і теплотехнічними характеристиками продуктів повного згоряння (каталітичного окислення) зрідженого або природного газів. Отримані продукти згоряння охолоджують водою до 10...25 °С в спеціальних теплообмінниках-холодильниках, вбудованих в генератор.

До складу установок генерування газових середовищ включають скруббер (блок очищення) для повного або часткового зниження концентрації CO<sub>2</sub>, що виробляється генератором, або для очищення газового середовища, що надходить з камери. Блок очищення може бути виконаний у вигляді самостійного апарату або вбудований в генератор. При створенні і експлуатації камер зберігання з РГС слід брати до уваги такі фактори:

- технічні характеристики систем охолодження і розподілу повітря камери (холодопродуктивність, кратність повітрообміну тощо);
- режим зберігання продукції в камерах з РГС відповідає значенням температури 0...4 °С і відносній вологості повітря 90...95 %;
- будівельні конструкції камери (підлога, стіни, стеля, місця стиків різних елементів, двері тощо) повинні забезпечувати її необхідну газонепроникність.

Погана теплоізоляція огорожень призводить до збільшення витрат холоду, зниження вологості повітря в камері й погіршення якості продукції, що зберігається. Звичайна холодильна камера (рис. 8.5, а) для зберігання фруктів та овочів в загальному випадку складається з огорожувальних конструкцій з паро- і теплоізоляції, повітроохолоджувача з системою відтаювання снігової шуби і відведенням талої води, системи розподілу повітря і пристрої для зволоження повітря. Холодильна камера з РГС поряд із зазначеними елементами додатково включає (рис. 8.5, б) газоізоляційні огорожувальні конструкції, установку для створення і підтримки газового середовища необхідного складу і запобіжний пристрій для вирівнювання внутрішнього і зовнішнього тисків. Дверні отвори і вводи всіх комунікацій в камеру з РГС повинні бути герметичні.

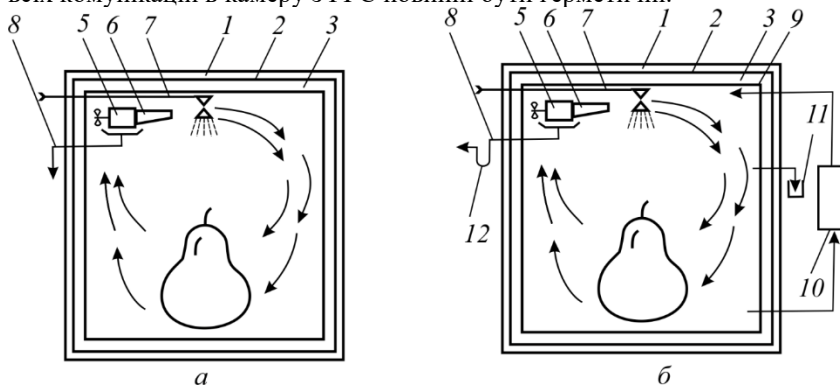


Рис. 8.5. Холодильна камера для зберігання фруктів та овочів:  
 а – зі звичаю атмосферою; б – з регульованим газовим середовищем  
 (1 – огорожувальні конструкції; 2 – пароізоляція; 3 – теплоізоляція;  
 4 – продукція, 5 – повітроохолоджувач, 6 – повітророзподільний пристрій; 7 – пристрій для зволоження повітря; 8 – трубопровід талої води; 9 – газоізоляції; 10 – установка для створення і підтримки газових середовищ; 11 – запобіжний пристрій для вирівнювання тиску, 12 – гідросифон)

Для зниження величини вільного об'єму камер з РГС необхідно забезпечити максимальну щільність завантаження їх продукцією, що обумовлено впливом даного чинника на газові режими зберігання плодів і овочів. Чим вище щільність завантаження камер, тим легше досягаються і підтримуються в ній необхідні газові режими і, відповідно, нижче вимоги до герметичності огорожувальних конструкцій. Оптимальні габаритні розміри холодильних камер з РГС становлять 12×12, 12×18, 12×24, 18×24 і 24×24 м.

На величину раціональної місткості камер з РГС впливають багато технологічних і експлуатаційних факторів, зокрема – неоднорідність продукції за видами та сортами, відмінність в об'ємах зберігання і термінах реалізації окремих видів продукції, терміни доставки і завантаження холодильника, планувальні та конструктивні особливості будівлі холодильника тощо. При існуючій місткості камер з РГС від 50 до 800 т оптимальною вважається місткість 200...400 т. Такі камери найбільш зручні й економічні в експлуатації, в них простіше забезпечити рівномірність і стабільність газового і температурно-вологісного режимів зберігання в масі продукції.

Найбільша ефективність в роботі плодоовочевих холодильників досягається при поєднанні камер РГС зі звичайними холодильними камерами. Частка камер з РГС в загальній холодильній ємності повинна становити не менше 20...30 %. Такі холодильники представляють собою комплекси, які застосовують штучне охолодження камер зберігання рослинної продукції та комбіновані газові середовища в камерах з природним, модифікованим і регульованим газовим середовищем.

---

### **8.3. Технологічні режими зберігання картоплі, окремих видів овочів, плодів і ягід**

---

Режими холодильного зберігання картоплі та овочів представлені в табл. 8.5. Режими холодильного зберігання плодово-ягідної та овочевої продукції в РГС подання до табл. 8.6 і 8.8.

Режим зберігання картоплі обумовлюється його біологічними властивостями – здатністю загоювати механічні пошкодження і впадати в стан спокою, можливістю передчасного пророщування, характером і умовами розвитку грибкових, бактеріальних і фізіологічних захворювань, а також біохімічних перетворень вуглеводів тощо.

В основний період (зимове зберігання) картопля знаходиться в стані спокою. Оптимальна температура в масі ранньої картоплі має бути 1...2 °С, середньостиглої – 2...3 °С, пізнього – 2...4 °С, відносна

вологість повітря – 90...95 %. Термін зберігання картоплі в цей період становить 6...9 міс. залежно від її якості, сорту та режиму зберігання.

У середній кліматичній зоні широке поширення отримало зберігання картоплі в буртах шириною 2...2,5 м, глибиною котловану 0,2...0,4 м і довжиною 15...30 м. В південних зонах картоплю зберігають у траншеях шириною 1...1,5 м, глибиною 0,4...0,6 м з прошарком бульб землею.

У сховищах з природною вентиляцією картоплю зберігають у засіках шириною 1,5...2,5 м. У сховищах з активною вентиляцією продовольчу картоплю розміщують навалом по всій площі підлоги суцільним шаром висотою 3...5 м, а насінневу – в засіках зі суцільними стінками висотою 4...5 м. Температура вентиляційного повітря в них на 2...3 °С нижче температури картоплі при її охолодженні й на 2...3 °С вище температури картоплі при його утеплення. Зберігання картоплі в сховищах з активним вентиляванням навальним способом дозволяє на 25...35 % збільшити корисну місткість сховищ і забезпечити механізацію вантажних робіт.

Простір між верхом насипу і перекриттям має бути 0,7...1 м. Зберігання картоплі в тарі дозволяє захистити бульби від механічних пошкоджень і механізувати всі вантажно-розвантажувальні роботи. При завантаженні контейнери недовантажують на 5...6 см. У сховищі їх встановлюють в штабелі (по сортам картоплі) розмірами в плані 6...8×6...8 м. Відстань між краями верхнього контейнера і перекриттям має бути не менше 0,8...1 м. Між штабелями і стінами залишають прохід шириною 0,5...0,7 м.

Картопля, призначена для приготування напівфабрикатів (пюре, гранул, пластівців тощо), зберігають при температурі 7...9 °С, для виготовлення чіпсів при 4 °С з наступною акліматизацією впродовж 10 днів за температури 10...12 °С. Іноді, як виняток, температуру знижують до 1 °С, наприклад – при зберіганні картоплі, сильно ураженого фітофторою. Вентиляція в цей період більш помірна і більш тривала. Картоплю в сховищах до кінця зберігання не перебирають. Якість картоплі під час зберігання визначають відбиранням і бульбовим аналізом проб, які проводять 1...3 рази в 2 міс. Інспектують картоплю в разі виявлення мокрої гнилі (до 5 %), сухої гнилі (понад 10 %), фітофтори (4...5 %). Найкращий результат зберігання картоплі в РГС може бути досягнутий при наступному складі газового середовища: CO<sub>2</sub> – 1 %, O<sub>2</sub> – 4...6 %, N<sub>2</sub> – 93...95 %. Температура зберігання –3...4 °С, відносна вологість повітря – 85...90 %.

Таблиця 8.5  
Режими зберігання картоплі та овочів в умовах активного вентилявання при холодильному зберіганні

Параметри продукції		Параметри повітря				
Продукція	t <sub>зберіг.</sub> , °С	максимальна тривалість зберігання, год	витрати, м <sup>3</sup> /(т·год)	характер вентилявання	t <sub>повіт.</sub> , °С	відносна вологість, %
штучне охолодження	0...1	7200	10...30	А	-1...0	95...98
		4320	50...250	П		90...95
Коренеплоди (бурак, бруква, редька)		5040	15...50	А		95...98
штучне охолодження	-1...0	4320	50...250	П	-2...-1	90...95
		5040	25...50	А		95...98
Морква		5040	100...250	П	-2...+1	90...95
штучне охолодження	-1...0	5760	30...50	А		95...98
Капуста білоголова		5040	100...250	П	-4...-3	70...80
штучне охолодження	-3...-2	7200	30...50	А		
Цибуля ріпчаста		2880	100...250	П	-4...-2	70...80
штучне охолодження	-3...-1	5040	30...50	А		
Часник		4320	100...250	П	1...2	80...90
штучне охолодження	2...3	5040	30...50	А		90...98
Кавуни		5040	100...250	П	-1...0	85...90
штучне охолодження	0...1	5760	30...50	А		90...98

Примітка. П – природне вентилявання, Н – примусове (активне) вентилявання

Таблиця 8.6

## Орієнтовні режими зберігання плодів, винограду і ягід в РГС

Продукція	t <sub>зберіг.</sub> , °С	Відносна вологість, %	Склад газового середовища, %			Термін зберігання, міс
			СО <sub>2</sub>	О <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
Абрикоси	-1...+1	90...97	1...3	1...3	94...98	0,7...1,7
Яблука	3...4		3...5	3	92...94	6...7
Ренет	2...4		3...5	3	92...94	7...9
Семиренко	3...4		5...7	14...16	79	6...7
Груша Ароматна	0		2...3	3	94...95	4...5
Груша Сен-Жермен	0		5	3	92	6...7
Вишня	-1...+2	90...95	5...10	1...2	79...93	0,5...1
Слива	1...2		0...7	1...7	86...99	0,5...3,5
Виноград	-1		3	3	94	6
Полуниця	0...4		0...5	1...3	94...97	0,3...0,7
Черешня	-0,5...-1,5		3...8	4...6	87...92	3
Смородина	0		20...40	3...5	55...77	1
Грейфрут	10...13	87...92	1,5...2,5	3...3,5	92...96,5	2...2,5
Мандарини	3...4	87...92	0	10...15	85...90	1...2
Апельсини	0...7	80...90	0...2	1...5	93...99	2...3
	1...4	87...92	0	10...15	85...90	1,5...3
Ліimoni	13...15	85...90	0...5	3...3,5	89,5...97	2...4

## Орієнтовні режими зберігання овочів в РГС

Таблиця 8.7

Продукція	t <sub>зберіг.</sub> , °С	Відносна вологість, %	Склад газового середовища, %			Термін зберігання, міс
			CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
Морква	0...1	85...95	10	11	79	4...5
	0...1	85...95	5	16	79	4...5
	0...1	85...95	1...5	2...3	92...97	5...6
Капуста білоголова	2...3	90...98	5...8	3	90...98	6...9
	0	85...91	8	13	79	6
	0...1	90...95	3...5	2...3	92...95	7...8
Капуста цвітна	1...2	90...98	3...8	2...3	89...94	5...6
	0...1	90...98	5...10	3...5	85...92	1,5...3
	0	95	5	16	79	2
Буяк столовий	0...1	95	0	2	98	6
	0...2	95	6...8	13...15	79	5
Цибуля ріпчаста	0	95	0...1	0,5...2	97...99	6...7
Часник	2...3	75...90	5...6	3...4	90...92	6...8
Баклажани	10...12	85...90	2,5...5	2...5	92...95	2...5
Томати: молочні червоні	10...15	90...95	2...5	2...5	94...97	4
	2...8	90...98	3...8	3...8	87...94	3
Перець	7...8	90...95	2...5	2	95...96	3...5

Граничні норми (у %) природного убіттку маси свіжих картоплі, овочів і плодів при тривалому зберіганні

Продукція	Спеціє зберігання	Зона	Місяць											
			Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень
I	I	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		X	1,0	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8
Картопля	II	T	1,6	1,0	0,9	0,9	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,2	—
		X	1,3	0,9	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	1,1	—	—	—
Буряк, редька, бруква, пастернак, кольрабі, хрін	I	T	1,8	1,6	0,9	0,9	0,7	0,7	0,8	1,0	1,4	2,2	—	—
		X	1,5	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,9	0,9	—	—
II	II	T	1,6	1,1	1,0	0,7	0,6	0,7	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	—
		X	1,7	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	1,1	—	—	—
I	I	T	2,0	1,3	1,0	0,7	0,6	0,7	1,2	1,8	1,9	2,0	—	—
		X	2,2	1,3	1,2	0,8	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	—	—
II	II	T	2,3	1,8	1,3	0,8	0,7	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	—	—
		X	2,3/2,0/1,2	2,0/1,0	1,3/0,6	0,8/0,4	0,7/0,3	0,8/0,4	1,0/0,4	1,2/0,4	2,4/0,2	—	—	—
I	I	T	2,5	2,2	1,3	0,8	0,7	1,3	1,6	2,3	2,5	—	—	—
		X	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,8	1,1	1,2	1,5	—
II	II	T	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	1,6	1,6	1,8	1,8
		X	1,7	1,2	1,1	0,6	0,6	0,6	0,6	1,0	1,7	—	—	—
Середньоспіла	II	T	2,0	1,5	1,3	0,7	0,6	0,7	1,1	1,6	2,0	—	—	3,0
		X	—	3,3	2,4	1,1	2,5	2,7	—	—	—	—	—	—
Пізньоспіла	I	T	—	4,0	3,8	2,3	—	—	—	—	—	—	—	—
		X	—	2,3	1,3	1,0	1,0	1,0	1,3	1,3	1,8	1,8	—	—
бріюсельська	II	T	—	3,5	2,3	1,8	1,3	2,0	—	—	—	—	—	—
		X	—	2,8	2,1	2,0	1,0	1,2	1,3	1,5	—	—	—	—
		T	—	3,8	3,5	2,0	1,4	1,4	2,1	—	—	—	—	



I		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Часник	I	X	1,6	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	–	1,5	1,5	1,5	
		T	1,9	1,7	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,7	1,7	1,7	2,0
	II	X	3,0	2,0	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	–	–	–	–
		T	1,2	0,8	0,6	0,5	0,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Яблука	I	X	1,2	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	–	–	–	–	–	–	
		T	1,2	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4	–	–	–	–	–	–	–	
	II	X	2,0	1,2	1,2	1,0	1,0	–	–	–	–	–	–	–	–	
		T	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Груші	I	X	1,0	0,4	0,3	0,3	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3	0,5	–	–	–	
		T	1,0	0,8	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	–	–
	II	X	1,8	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	–	–	–	–	
		T	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Виноград	I	X	1,0	0,8	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	–	–	–	
		T	1,0	0,8	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	–	–
	II	X	2,0	1,6	1,4	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	–	–	–	–	
		T	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Виноград	I	X	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	–	–	–	–	–	
		T	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	–	–	–	–	

**Примітка:** I – зберігання з штучним охолодженням, II – зберігання без штучного охолодження, X – холодна зона, T – тепла зона, (після ризику з перешаруванням піском).

---

#### **8.4. Технологія зберігання консервів**

---

Особливе місце в холодильній технології харчових продуктів займає зберігання продукції, отриманої ферментованим і тепловим способами консервування. Так, найкращими параметрами зберігання квашеної капусти вважаються температура 0...–2 °С і відносна вологість повітря 90...95 %. Капусту можна зберігати в тих же ємностях, в яких її заквашували. Найчастіше для зберігання квашену капусту перевантажують в тару, передбачену для реалізації. Для цього бочки ємністю до 200 л заливають розсолем, закупорюють і направляють в камеру зберігання. Квашені морква, буряк, гарбуз, цибуля, патисони, стручкову квасоллю і цвітну капусту зберігають при аналогічному режимі.

Солоні томати, огірки, зелень прямих рослин і кавуни зберігають при температурі 4...–1 °С і відносній вологості повітря не більше 95 %. Для цього використовують камери з штучним охолодженням, крижані бурти тощо. Ємність для зберігання червоних томатів не повинна перевищувати 50 л, для рожевих і бурих – 100 л, для огірків – 150 л. У разі якщо соління томатів і огірків проводилося контейнерним способом з використанням поліетиленових вкладишів, контейнери встановлюють в камері схову штабелем, висотою не більше чотирьох ярусів. Високі показники якості відзначені при тривалому зберіганні консервованих солоних і квашених овочів в герметичній тарі при температурі 2...4 °С.

Мочені яблука, груші, брусницю, журавлину та інші плоди й ягоди зберігають в бочках різної ємності в охолоджуваних сховищах при температурі –1...–5 °С. Для всіх видів овочевих і плодово-ягідних консервів найкращими параметрами зберігання є відносна вологість повітря не більше 75 % і температура 0...15 °С для овочевої та 0...10 °С для плодової продукції. Однак темні соки з м'якоттю, наприклад – полуничний і малиновий, зберігають при температурі 0...2 °С в темряві, оскільки при інших умовах зберігання відбувається інтенсивна зміна кольору продукту. Мандариновий і апельсиновий соки зберігають за тих же параметрів, оскільки їх порушення призводить до зміни смакових показників продукції. Рекомендована температура зберігання безалкогольних напоїв – 3...12 °С. Залежно від виду газованих, негазованих і штучно мінералізованих напоїв, тривалість їх зберігання становить від 2 діб до 2 міс.

Консервовані перші та другі обідні страви, заправки й гарнірні консерви, овочеві салати, м'ясні стерилізовані консерви зберігають при температурі від 0 до 15 °С і відносній вологості повітря в камері не вище 75 % (оптимальна температура – близько 0 °С). Тривалість зберігання, в залежності від виду консервів, становить від 1 року до 3 років. Рибні

консерви слід зберігати при відносній вологості повітря в камері 75 %. Консерви в маслі зберігають при температурі 0...20 °С, натуральні – 0...10 °С, в томатному соусі – 0...5 °С впродовж 12...24, 6...24 і 6...18 міс. відповідно.

Термін зберігання молочних згущених консервів у герметичній тарі при температурі 0...10 °С і відносній вологості повітря 85 % – 12 міс. з моменту випуску заводом-виробником, в негерметичній – 8 міс., какао і кави зі згущеним молоком, і цукром – 6 міс. Консерви для дитячого та дієтичного харчування в лакованих банках можна зберігати при температурі 0...15 °С до 18 міс., в банках з білої жерсті нелакованих – до 12 міс., інші консерви в скляній і лакованій тарі – до 2 років, пастеризовані консерви при 0...5 °С – не більше 6 міс.

---

### **8.5. Втрати плодоовочевої продукції під час зберігання**

---

Втрати маси картоплі, овочів і плодів при холодильному зберіганні можуть бути нормованими і ненормованими. Природна (нормована) втрата маси викликана випаровуванням вологи з поверхні продукції й втратами, пов'язаними з витратою сухих речовин в процесі дихання. При цьому значна частина втрат припадає на випаровування вологи (75...85 %), а на витрачання органічних речовин – всього 15...25 %. Ці втрати неминучі при будь-яких умовах зберігання, але можуть бути знижені до мінімуму шляхом створення найкращих умов зберігання. Норми втрат маси овочів і плодів при тривалому зберіганні встановлюють з урахуванням ряду ознак. Це вид продукції, зона (холодна, тепла), тривалість, спосіб (в сховищах, буртах або траншеях) і умови зберігання, а також тип сховища (без штучного або зі штучним охолодженням, спосіб вентиляції тощо). Наприклад, різні норми втрат встановлені для ранніх і пізньостиглих сортів картоплі та овочів, для яблук осінніх і зимових сортів. Крім того, для коренеплодів норми встановлені, в залежності від умов зберігання – з перешаруванням або без перешарування піском. При зберіганні моркви, буряка та інших коренеплодів в буртах і траншеях з перешаруванням піском норми втрат не встановлюють.

У різні періоди зберігання втрати маси плодів і овочів неоднакові, тому норми убутку диференціюють по місяцях. Так, в зимові місяці втрати завжди менші. Плоди та овочі різного товарного якості матимуть різні втрати маси. Ці втрати при інших рівних умовах будуть залежати в значній мірі від виду і ступеня пошкодження продукції. Граничні норми природного убутку маси картоплі, овочів і плодів при тривалому зберіганні представлені в табл. 5.9.

Крім природного убутку втрата маси і зниження якості продукції можуть статися в результаті різних ушкоджень і фізіологічних захворювань. Ці втрати називають ненормованими або актуємі. Вони діляться на технічний і абсолютний відхід. Як правило, ці відходи формуються при підготовці партій до реалізації. Технічний відхід (технологічний брак) – це частково зіпсовані екземпляри продукції (підморожені, сильно зів'ялі і пошкоджені, частково з гниллю тощо), але придатні для переробки або на корм худобі. До абсолютного відходу відносять повністю зігнилу продукцію, обламані паростки, сторонні домішки тощо. Після обов'язкового зважування на всі відходи складається відповідний акт.

### **8.6. Сумісність різноманітних овочів і фруктів при зберіганні**

Сумісність овочів і фруктів при зберіганні – найважливіший чинник для оптимального збереження плодів. Якщо плоди не сумісні для зберігання, то вони можуть зіпсувати один одного. Для того, щоб зберегти овочі і фрукти свіжими, у більшості випадків, потрібно низьку температуру і високу вологість повітря.

*Кліматичні показники* для зберігання плодоовочевої продукції дозволяють групувати продукти по температурі і вологості повітря, для спільного зберігання. Але, окрім оптимальної температури і вологості повітря, потрібно враховувати чинник сумісності овочів і фруктів при зберіганні. Не усі плоди можна зберігати в одному об'ємі, оскільки вони можуть впливати один на одного, виділяючи і поглинаючи речовини і запахи, які можуть вплинути на якість продукції. Наприклад, овочі і фрукти, чутливі до етилену не варто розміщувати разом плодами, які виділяють етилен.

Овочі і фрукти можна об'єднати в групи за ознакою сумісності овочів і фруктів при зберіганні (табл.8.9):

**Група 1:** Фрукти і овочі, з температурою зберігання від 0 °С до +2 °С, при відносній вологості повітря: 90...95 %. Багато плодів з цієї групи роблять етилен.

\* – цитрусові з цієї групи, до яких застосовувався бенефіт (дифеніл), можуть віддавати запах іншим продуктам.

**Група 2:** Фрукти і овочі, з температурою зберігання від 0 °С до +2 °С, при відносній вологості повітря 95...100 %. Багато овочів і фрукти з цієї групи чутливі до етилену.

\* – до цих плодів, може застосовуватися метод охолодження поверхні плодів льодом.

**Група 3:** Фрукти і овочі, з температурою зберігання від 0 °С до +2 °С, при відносній вологості повітря 65...75 %. Волога може пошкодити ці овочі і фрукти.

**Група 4:** Фрукти і овочі, з температурою зберігання +4,5 °С, при відносній вологості повітря 90...95 %.

\* – цитрусові з цієї групи, до яких застосовувався бенефіт (дифеніл), можуть віддавати запах іншим продукту;

\*\* – до цих плодів, може застосовуватися метод охолодження льодом.

**Група 5:** Фрукти і овочі, з температурою зберігання +10 °С, при відносній вологості повітря 85...90 %. Багато хто з цих плодів чутливий до етилену, а також можуть бути чутливі до ушкодження холодом.

**Група 6:** Фрукти і овочі, з температурою зберігання від +13°С до +15°С, при відносній вологості повітря 85-90 %. Багато хто з цих плодів робить етилен, а також можуть бути чутливі до ушкодження холодом.

\* – цитрусові з цієї групи, до яких застосовувався бенефіт (дифеніл), можуть віддавати запах іншим продуктам.

**Група 7:** Фрукти і овочі, з температурою зберігання від +18 °С до +21 °С, при відносній вологості повітря 85...90 %.

\* – зберігати окремо від груш і помідор, із-за чутливості до етилену.

Таблиця 8.9

### Групи сумісності овочів і фруктів при зберіганні

Назва овочів або фруктів	Англійська назва овочів або фруктів	Групи сумісності	Примітки
1	2	3	4
Абрикоси	Apricots	1	
Авокадо (стиглий)	Avocados (ripe)	6	Тримати далеко від продуктів, що виробляють етилен
Авокадо (незрілі)	Avocados (unripe)		Запах ананасів може згубно впливати на авокадо
Ананаси	Pineapples	6	Тримати далеко від продуктів, що виробляють етилен

Продовження табл. 8.9

1	2	3	4
Апельсини (стиглі і недозрілі)	Oranges	1	
Кавуни	Watermelon	7*	
Артишоки	Artichokes	2*	
Баклажани	Eggplant	5	
Банани (стиглі)	Bananas (ripe)	6	
Брокколі	Broccoli	2*	
Бруква	Rutabagas	1/2*	
Виноград	Grapes	1/2	
Вишня	Cherries	1	
Гранати	Pomegranates	1/2	
Грейпфрути	Grapefruit	1	
Гриби	Mushrooms	1/2	
Груші	Pears	1/7	
Дині	Melons	6	
Зелений горошок	Green Peas	2*	
Імбир (корінь)	Ginger Root	6	
Кабачки (зимові)	Squashes (winter)	6	
Канталуп (диня)	Cantaloupe	4**	
Капуста (пізня)	Cabbage (late)	2*	
Картопля рання	Potatoes (early)	6	
Журавлина	Cranberries	4	
Кокосові горіхи	Coconuts	1/6	
Кольрабі	Kohlrabi	1/2*	
Кукурудза солодка	Corn sweet	2*	
Лайм	Limes	6*	
Лимони	Lemons	4*	

Закінчення табл. 8.9

Цибуля	Onions	3	
Цибуля (зелена)	Onions (green)	2*	Не зберігати з інжиром, виноградом, грибами, ревенем або кукурудзою
Цибуля-порей	Leeks	1/2*	
Манго	Mangos	6	
Мандарини	Tangerines	4*	
Морква	Carrots	2*	
Нектарин	Nectarines	1	
Огірки	Cucumbers	5	
Пастернак	Parsnips	1/2*	
Перець солодкий	Peppers sweet	5	
Персики	Peaches	1	
Петрушка	Parsley	2*	
Помідори(зелені)	Tomatoes (green)	7	
Помідори(стиглі)	Tomatoes (ripe)	6	
Ревінь	Rhubarb	2	
Редис(весняний)	Radishes (spring)	1/2*	
Редис(зимовий)	Radishes (winter)	1/2*	
Ріпа	Turnips	1/2*	
Салат-латук	Lettuce	2	
Буряк	Beets (Beetroot)	1/2*	
Селера	Celery	2*	
Селера(корінь)	Celeriac	2*	
Солодка картопля	Sweet Potatoes	7*	
Слива	Plums	1	
Спаржа	Asparagus	2	
Гарбуз	Pumpkins	6	
Хрін	Horseradish	1/2	
Хурма	Persimmons	1	
Цвітна капуста	Cauliflower	2	
Чорнослив	Prunes	1	
Часник	Garlic	3	
Шпинат	Spinach	2*	
Ендівій	Endive	2*	
Яблука	Apples	1	

---

### **Запитання для самоперевірки**

---

1. На які групи поділяють плодоовочеву сировину?
2. Як створюються газове середовище природнім способом?
3. В чому полягає суть регульованого газового середовища?
4. Які типи газових сумішей використовуються для холодильного зберігання плодоовочевої сировини?
5. В чому особливість зберігання плодів у контейнерах з модифікованим газовим середовищем?
6. Як регулюється концентрація CO<sub>2</sub> при природному утворенні газових середовищ?
7. Який принцип роботи установки для штучного утворення газових середовищ?
8. В чому різниця конструкцій холодильних камер для зберігання фруктів та овочів з повітряним та регульованим газовим середовищем?
9. Наведіть особливості холодильного збереження картоплі.
10. Наведіть особливості технологій зберігання консервів.
11. Які спостерігаються втрати плодоовочевої продукції під час зберігання?
12. Скільки є груп сумісності овочів і фруктів при зберіганні?



## **РОЗДІЛ 9. ПРИНЦИПИ РОБОТИ ОСНОВНИХ ТИПІВ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН**

### **9.1. Загальні відомості**

Значення холодильного обладнання в житті сучасної людини складно переоцінити. Практично неможливо знайти таку галузь промисловості або сферу життя, у якій би не використовувалися холодильники, морозильні камери та інше холодильне обладнання.

Найбільше значення холодильне обладнання відіграє у сфері виробництва та продажу продуктів харчування. Всі технологічні операції переробки харчової сировини, виробництва та товарообігу харчових продуктів (охолодження, заморожування, зберігання, транспортування) мають потребу у різноманітному технологічному холодильному обладнанні, від рефрижераторних судів і вагонів, холодильних установок холодокомбінатів та овочесховищ, холодильного обладнання харчової та переробної індустрії, торговельного холодильного обладнання підприємств рітейлу до побутового холодильника у споживача.

Холодильне обладнання харчових підприємств, оптових та роздрібних складів є одним із основних споживачів електроенергії. На нього припадає до 70 % споживаної електроенергії, у зв'язку з чим для ефективної роботи холодильного обладнання, що встановлюється, дуже важливо точно і однозначно визначити його технічні вимоги. Якщо харчовий продукт заморожується у свіжому вигляді або після теплової обробки, то спосіб, температура та швидкість заморожування істотно позначаються на його зовнішньому вигляді, якості та термін придатності. У деяких випадках процес заморожування дозволяє значно знизити збитки від втрати маси завдяки збільшенню вартості продуктів, що продаються на вагу, а іноді (наприклад, у виробництві морозива) метод заморожування є невід'ємною частиною технологічного процесу. З усіх цих причин особливу увагу слід приділяти підбору холодильних установок – не тільки для того, щоб уникнути можливих збитків, а й для максимізації маржі, що отримується на цьому продукті.

Залежно від цільового призначення і області застосування розрізняють кілька основних типів приладів.

### **9.2. Компресорні холодильники**

У більшості промислових холодильних систем підвищення тиску холодоагенту використовуються компресори, що віддають тепло в навколишнє середовище. Температура кипіння рідин залежить від

тиску: що нижчий тиск, то нижча точка кипіння. Таким чином, газ, що випаровується в холодильній системі, можна знову конденсувати стисненням при більш високій температурі. Під час кипіння теплова енергія поглинається холодоагентом при постійній температурі, а під час реконденсації газу ця енергія виділяється (відводиться з холодильника). Саме тому в механічному холодильному циклі є чотири основні елементи: випарник, компресор, конденсатор і детандер (рис. 9.1).

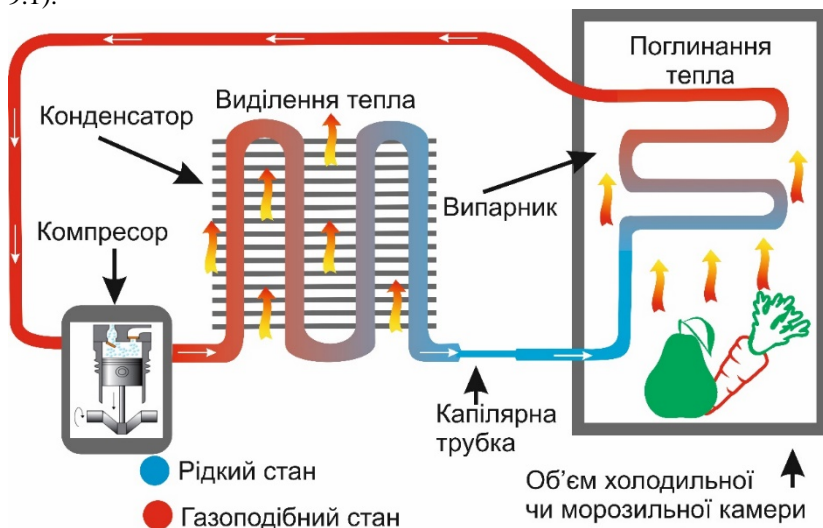


Рис. 9.1. Схема компресорного холодильника

У випарник надходить рідкий холодоагент, що знаходиться під потрібним тиском, і відбувається його кипіння, оскільки температура кипіння холодоагенту при такому тиску виявляється нижче, ніж температура продукту, що обробляється. Компресор забирає газоподібний холодоагент, що виходить з випарника, і робить його стиск для підвищення точки кипіння холодоагенту. Для цього потрібна деяка потужність, що підводиться, і робота, витрачена на стиск газу, перетворюється в додаткову теплоту. У конденсаторі пара холодоагенту під високим тиском контактує з відносно холодним середовищем. Від газу відводиться теплота, і він знову перетворюється на рідину (конденсується). Теплота, що відводиться від газу під час конденсації, є сумарною тепловою (відведеною від продукту і виділеною в процесі стиснення). Детандер необхідний зниження тиску рідини до тиску

випаровування. Найчастіше детандер відіграє роль регулятора витрати або розширювального клапана, але в більш складних системах підвищення ефективності може використовуватися пристрій, що діє як декомпресор («компресор навпаки»). Детандер також використовують для регулювання потоку рідини у випарник, захищаючи його від переповнення. У невеликих системах використовують простий терморегулюючий клапан, коли датчик порівнює температуру на виході з випарника з температурою рідини, що надходить.

Оптимальна температура для довготривалого зберігання харчових продуктів у компресійних приладах створюється в ході робочих циклів, що здійснюються один за одним.

Протікають вони наступним чином:

– при підключенні апарата до електромережі запускається мотор-компресор, стискає пари фреону, одночасно підвищуючи їх тиск і температуру;

– під силою дії надлишкового тиску гаряче робоче тіло, що перебуває в газовому агрегатному стані, потрапляє в ємність конденсатора;

– пересуваючись по довгій металевій трубці, пар викидає накопичене тепло в навколишнє середовище, плавно остигає до кімнатних температурних значень і перетворюється в рідину;

– рідке робоче тіло проходить через фільтр-осушувач, поглинає зайву вологу;

– холодоагент проникає крізь вузьку капілярну трубку, на виході з якої знижується його тиск;

– речовина охолоджується і перетворюється в пару;

– охолоджена пара добирається до випарника і, проходячи по його каналах, забирає тепло з внутрішніх відділень холодильного агрегату;

– температура фреону підвищується, і він знову відправляється в компресор.

---

### **9.3. Абсорбційні холодильні установки**

---

На підприємствах різних галузей промисловості України, зокрема харчової та переробної, багато технологічних процесів супроводжуються тепловими відходами (викидами) у вигляді пари чи парогазової суміші, конденсатів і гарячої води з температурою до 80 °С і більше. Оскільки у переважній більшості випадків теплота викидів на промислових підприємствах не використовується, наслідком цього явища є теплове забруднення навколишнього середовища, а також низька ефективність використання теплоти. Тому є доцільним і

раціональним використання теплових викидів для вироблення холоду за допомогою, зокрема, абсорбційних холодильних машин.

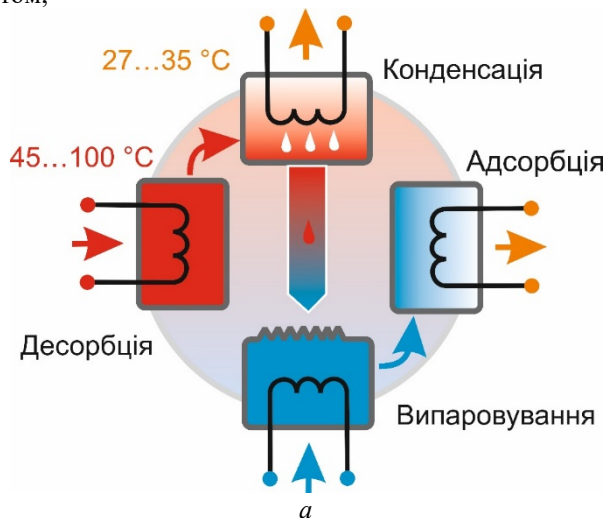
Сучасні адсорбційні холодильні машини дозволяють по новому поглянути на процес охолодження та зробити його максимально енергоощадливим. Адсорбційні установки можуть працювати з різними джерелами енергії – сонцем, теплом технологічних процесів та когенераційних установок, надлишковим теплом печей та дата-центрів. Важливою перевагою таких установок є використання в якості холодоагента – чистої води, без домішок.

В системі установок абсорбційного типу циркулюють дві речовини – холодоагент і абсорбент. Функції холодоагенту зазвичай виконує аміак, рідше – ацетилен, метанол, фреон, розчин бромистого літію.

*Абсорбент* являє собою рідину, яка має достатню поглинальну здатність. Це може бути сірчана кислота, вода тощо. Вся робота обладнання побудована на принципі абсорбції (поглинання однієї речовини іншою). Конструкція складається з кількох провідних вузлів – випарника, абсорбера, конденсатора, регулюючих вентилів, генератора та насоса (рис. 9.2).

Процес здійснюється наступним чином:

- холодильний агент, розчинений в рідині, проникає у випарник;
- з концентрованого розчину виділяються киплячі при  $33\text{ }^{\circ}\text{C}$  пари аміаку, охолоджуючі об'єкт;
- речовина переходить в абсорбер, де знову поглинається абсорбентом;



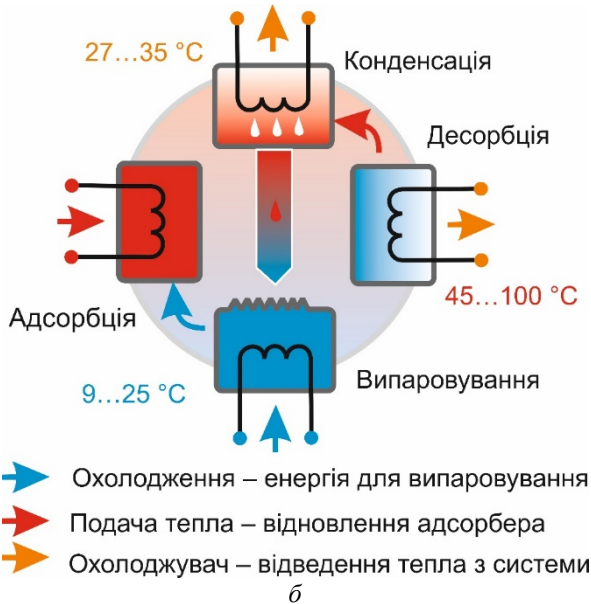


Рис. 9.2. Схема абсорбційної холодильної установки:  
*a* – перша фаза, *б* – друга фаза (зворотній процес)

- насос перекачує розчин в генератор, що обігривається певним джерелом тепла;
- речовина закипає і виділяються аміачні пари йдуть в конденсатор;
- холодоагент остигає і перетворюється в рідину;
- робоче тіло проходить через регулюючий вентиль, стискається і надсилається у випарник.

### 9.3. Термоелектричні холодильні машини

Останнім часом з'явилися якісно нові вимоги до холодильників, які не можуть задовольнити компресорні й абсорбційні установки. Важливими факторами для холодильника стають габаритні та вагові характеристики, величина енергоспоживання, можливість надійної роботи під впливом статичних та динамічних навантажень, великий термін служби тощо. Тому цілком зрозумілим є той великий інтерес, який проявляється до нової галузі холодильної техніки — техніки термоелектричного охолодження.

Принцип роботи термоелектричних машин базується на термоелектричних явищах перенесення енергії в електричних та

теплових полях (рис.9.3). До цих явищ відносяться ефекти Зеебека, Пельтьє та Томсона. Він передбачає поглинання теплоти в області з'єднання двох різних провідників у момент проходження через неї електричного струму.

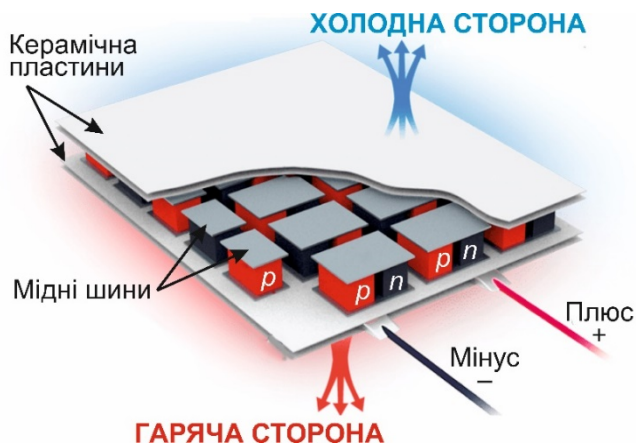


Рис.9.3. Схема термоелектричної холодильної машини

Сутність термоелектричного охолодження полягає в тому, що при проходженні постійного струму через термобатарею, що складається з послідовно з'єднаних двох різних матеріалів-термоелементів, відбувається виділення тепла з одного боку батареї та поглинання тепла з протилежної. Одиничним елементом термоелементу є термопара, що включає одну гілку  $p$ -типу і одну гілку  $n$ -типу провідностей. Гілки з'єднуються між собою за допомогою комутаційної пластини з міді. Як матеріал гілок традиційно використовуються напівпровідники на основі вісмуту, телуру, сурми, селену. Термоелектричний модуль являє собою сукупність термопар, електрично з'єднаних послідовно.

Термопари поміщаються між двома плоскими керамічними пластинами, виготовленими на основі оксиду алюмінію. Кількість термопар може змінюватися в широких межах (від кількох до сотень пар), що дозволяє створювати термоелектричну машину практично будь-якої холодильної потужності – від десятих до сотень ват. Одні спаї цієї батареї охолоджуються, інші нагріваються. Таким чином, роль робочої речовини – переносника тепла – тут виконує постійний електричний струм. Помістивши холодні спаї термобатареї в охолоджувальне середовище, можна легко забезпечити передачу тепла

з холодильної камери в холодне середовище, що оточує холодні спаї. Переваги термоелектричного охолодження полягає в тому, що немає рухомих частин, а значить, безшумність роботи агрегату, можливість точного регулювання ступеня охолодження пропорційна величині сили струму. При зміні полярності постійного струму гаряча та холодна пластини міняються місцями.

---

### **Запитання для самоперевірки**

---

1. Яке значення холодильного обладнання в житті сучасної людини?
2. В чому полягає принцип компресорної холодильної машини?
3. Як працює абсорбційна холодильна установка?
4. На яких явищах побудовано принцип термоелектричної холодильної машини?
5. У яких випадках використовуються компресорні, абсорбційні та термоелектричні холодильні машини?

**10.1. Загальні відомості**

Для заморожування харчових продуктів застосовують тунелі та морозильні камери повітряного охолодження, а також морозильні апарати різних модифікацій.

Тунелі та камери для заморожування харчових продуктів практично аналогічні тунелям та камерам для охолодження. З технологічної точки зору основна відмінність обладнання для заморожування полягає у застосуванні нижчих температур охолоджуючого повітря, з технічного погляду – у використанні потужніших по продуктивності охолоджувачів повітря.

Морозильний апарат являє собою пристрій повної заводської готовності, що має об'єм і розміри менше за тунель і встановлюється у виробничому приміщенні. Морозильні апарати найбільше відповідають сучасним вимогам щодо збереження якості продуктів, зниження втрат маси продукту та енергоспоживання, гнучкості виробництва, рівня механізації, автоматизації та виробничої санітарії.

Тому, на практиці для холодильного консервування вони набули широкого поширення. Розроблено дуже багато різноманітних конструкцій морозильних апаратів. За технічними даними вони відрізняються способом відведення теплоти від продукту, видом середовища для безпосередньо відведення теплоти від продукту (повітря, некиплячі та криогенні рідини, холодоагенти та охолоджувальні металеві поверхні), типом пристрою для транспортування продукту в процесі холодильної обробки (механічний конвеєр, повітряний потік) тощо.

У кожному конкретному випадку вибір типу морозильного апарату визначається технологічною, технічною та економічною доцільністю. Так, основні якісні показники продукту найбільш повно зберігаються при високих швидкостях заморожування, які можуть бути досягнуті різними способами, у тому числі збільшення коефіцієнта тепловіддачі, значення якого в залежності від умов теплообміну представлені в табл. 10.1.

В апаратах середня швидкість заморожування досягає 2...2,6 см/год при температурі охолоджуючого середовища, що дорівнює  $-35^{\circ}\text{C}$ , та 2,7...3,3 см/год при температурі  $-45^{\circ}\text{C}$ , при цьому невеликі за величиною швидкості характерні для повітряних апаратів при заморожуванні продукції значної товщини та в упаковці.



Таблиця 10.1

**Режими підготовчого періоду для картоплі та овочів в умовах  
активного вентиляювання**

Середовище, в якому відбувається заморожування	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м <sup>2</sup> К)
Рідке середовище з спонукальним рухом	1100...2900
Металеві плити	175...230
Повітря:	
– швидкорухоме (7...7,5 м/с)	42
– із помірною швидкістю руху (4...4,5 м/с)	29
– при слабкому вимушеному русі (1...2,3 м/с)	17
– з вільним рухом (0,1...0,2 м/с)	11

Сучасна харчова промисловість випускає продукцію дуже високого ступеня споживчої готовності. Тому морозильні апарати стали невід'ємною частиною технологічних ліній на виробництвах, що випускають різноманітні асортименти таких харчових продуктів.

## **10.2. Повітряні морозильні апарати**

*Повітряні морозильні апарати* – це пристрої, в яких умови заморожування і його швидкість доведена до раціональних меж. З цієї причини їх іноді називають швидкоморозильними апаратами.

Основною перевагою повітряних швидкоморозильних апаратів є те, що заморожування відбувається в повітрі – природному середовищі існування людини. Вони отримали широке розповсюдження для заморожування різних продуктів рослинного і тваринного походження. Заморожування в повітрі дозволяє зберегти високі поживні та смакові якості продукції та хороший товарний вигляд.

Повітряні апарати являють собою ізольований контур, розділений на два відсіки: вантажний і відсік повітроохолоджувача. У вантажному відсіку знаходиться заморожувані продукти, перемішувані різними транспортними засобами, а у відсіку повітроохолоджувачів розміщують трубчасті секції (батареї), призначені для охолодження повітря.

Як правило, тут розміщений піддон з підігрівом для збору талої води, яка утворюється при відтаванні, та вентиляторна установка. В якості транспортних засобів для безперервного, або періодичного переміщення заморожуваних продуктів застосовують різного роду візки, конвеєри, стрічки і гравітаційні пристрої. Транспортні засоби приводяться в рух електричним, або гідравлічним приводом з плавним

або ступінчастим регулюванням швидкості, що дозволяє регулювати продуктивність апаратів в залежності від виду продукту який надходить на заморожування.

### 10.2.1. Візкові апарати

Візкові апарати бувають з поздовжнім або з поперечним рухом повітря, а також з ручним і механізованим переміщенням візків або етажерок (рис.10.1). Крім того, вони можуть бути періодичної та безперервної дії. В апаратах періодичної дії візки з продуктом завантажуються та вивантажуються періодично, а в апаратах безперервної дії – безперервно.

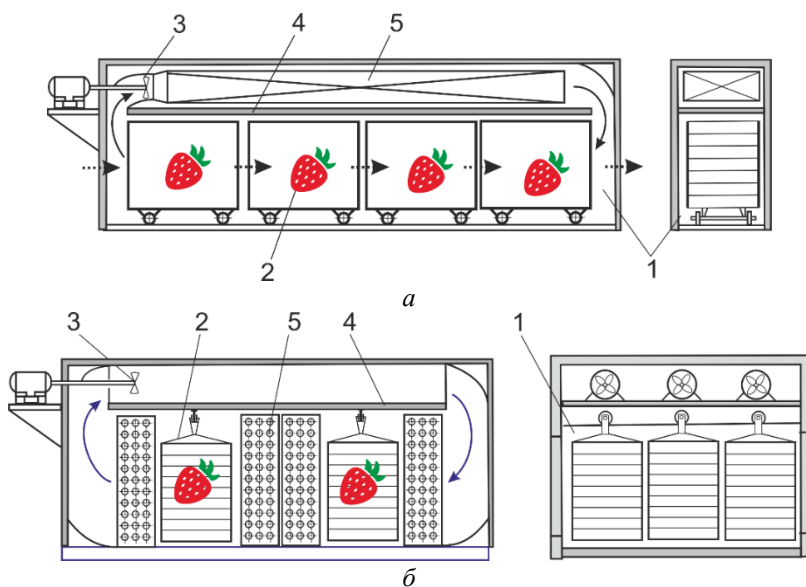


Рис. 10.1. Схема пристрою візкового морозильного апарату:  
а – з поздовжнім рухом повітря; б – із поперечним рухом повітря;  
1 – вантажний відсік; 2 – етажерки або візки; 3 – вентилятор;  
4 – фальшива стеля; 5 – повітроохолоджувач.

Візки являють собою конструкції етажерчатого типу, на полицях яких встановлюють по два дека з заморожуванним продуктом. У кожній секції встановлений один реверсивний вентилятор, який періодично змінює поперечний напрям руху повітряного потоку. Снігову шубу відтоплюють гарячими парами холодогенту. Візкові апарати

використовують для заморожування риби, субпродуктів, птиці, плодів, ягід та овочів.

Конвеєром (або вручну) візки заковують в апарат через завантажувальні двері. Після заморожування візка з апарату викочують та з них знімають листи, заморожений продукт упаковують (якщо це необхідно) і спрямовують на зберігання. Деякі види неупакованих продуктів (м'ясо, риба) примерзають до дека. У цьому випадку після заморожування лист з продуктом нагрівають, занурюючи на короткий час в теплу воду або зрошуючи водою. Після очищення та санітарної обробки листи та візки повертають для завантаження чергової партії продукції. Візкові апарати універсальні, прості за конструкцією, але вимагають значних витрат ручної праці.

---

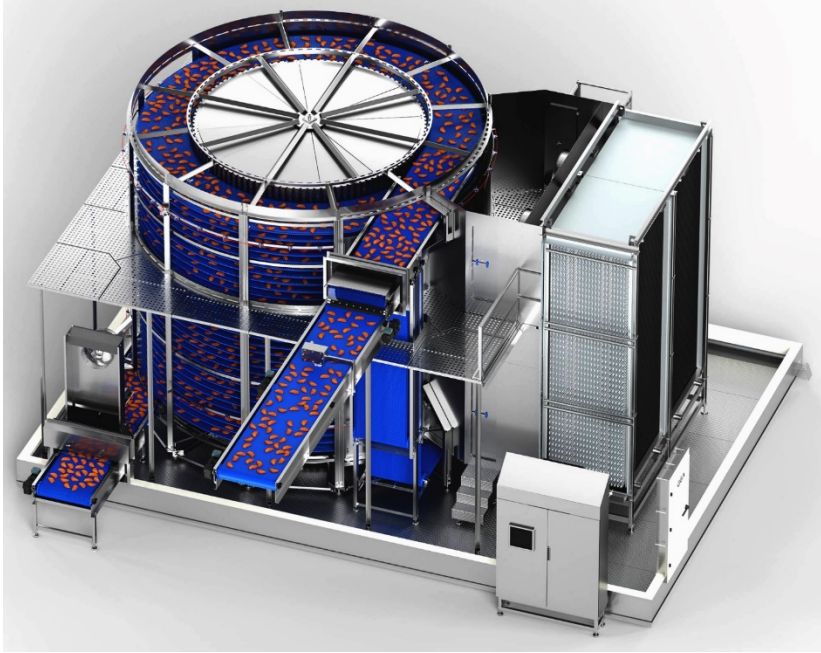
### ***10.2.2. Конвеєрні спіральні швидкоморозильні апарати***

---

До конвеєрних відносяться спіральні швидкоморозильні апарати (рис. 10.2). Апарат такого типу призначений для заморожування широкого асортименту продуктів харчування. Це овочі, фрукти, ягоди та гриби, упаковані в контейнери (підкладки) напівфабрикати, готові страви та вироби з них, напівфабрикати та готові страви з м'яса, птиці, риби та гідробіонтів, вироби з тіста, пироги, піци, кондитерські напівфабрикати та готові вироби. У такому апараті також може проводитися загартування морозива.

Конструкція спірального конвеєрного апарату базується на використанні транспортної стрічки, елементів яких мають відносну рухливість у горизонтальній площині. У процесі заморожування продукт зберігає свою позицію відносно транспортної стрічки. У пристрої в той же час ви можете заморозити різні продукти, тривалість заморожування якої однакова. У той же час, зберігаючи певний напрямок потоку у загальному технологічному процесі, одна машина може бути використана у комплексі з кількома лініями для виробництва різних швидких заморожених продуктів.

У спіральних конвеєрних пристроях залежно від типу продукту, час заморожування за температури повітря  $-30\dots-40^{\circ}\text{C}$  від 15...30 хв (пельмені, котлети, рибні палички) до 3 годин (готові упаковані страви). Продуктивність пристрою визначається шириною стрічки та швидкістю його руху, а для різних апаратів коливається від декількох сотень кілограмів до декількох тон швидко-заморожених продуктів на годину.



*Рис. 10.2.* Загальний вигляд спірального швидкоморозильного апарата

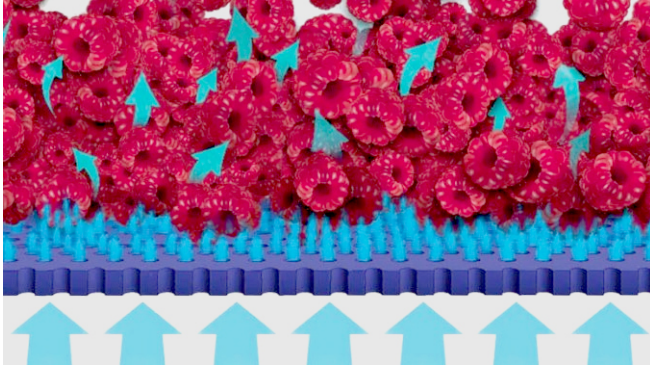
Дані апарати відрізняються компактністю та універсальністю. За рахунок регулювання руху транспортера та швидкості повітря можна підібрати оптимальний режим заморожування для різних продуктів. Серед переваг цих апаратів також їх простота та зручність в експлуатації.

---

### ***10.2.3. Флюїдаційні швидкоморозильні апарати***

---

Флюїдаційні тунелі можуть заморожувати та охолоджувати овочі, фрукти і морепродукти. Завдяки механічній вібрації і постійній подачі охолодженого повітря продукт заморожується рівномірно, його злипання не допускається. Проточний швидкоморозильний тунель дає можливість досягнення повної флюїдації (рис 10.3). Спрямований вертикально вгору потік холодного повітря піднімає і транспортує продукт через морозильник. Флюїдація гарантує максимально ефективний обмін теплотою і поділ продукту на окремі плоди.

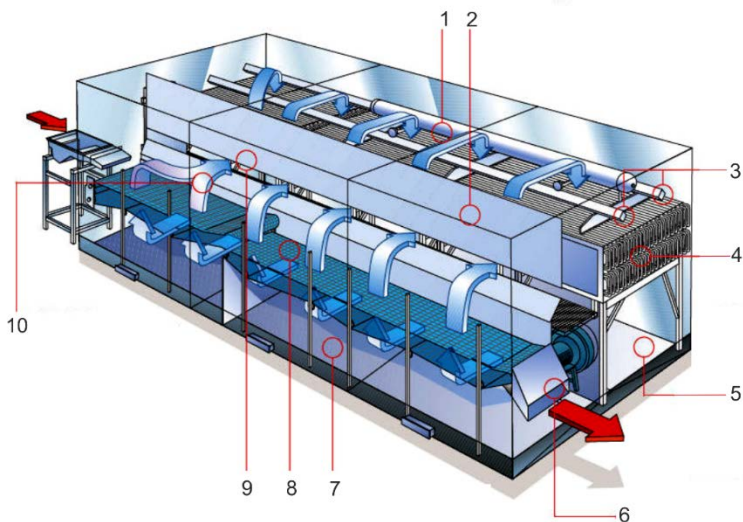


*Рис. 10.3.* Малина у псевдозрідженому стані (флюїдизація).

Флюїдизаційні апарати (рис. 10.4) використовують для заморожування овочів (зелений горошок, кубики моркви), фруктів (скибочки яблук), ягід (полуниця, смородина) та інших продуктів. Таким способом плоди заморожуються не лише швидко, ніжно і рівномірно, без різних типів пошкоджень або утворення грудок, з мінімальною втратою ваги, і як такі транспортуються потоком повітря через морозильник. Це дозволяє отримати дійсно окремо заморожені плоди найвищої якості.

У флюїдизації продукти заморожуються у висхідному потоці повітря, перебуваючи у стані ширяння (псевдокиплячий шар). Для отримання флюїдизаційного шару продукти повинні мати невеликі розміри: товщину до 40 мм і довжину до 125 мм, які мають наблизитися до сферичної. Продукти в апараті можуть розташовуватися та транспортуватися тільки в потоці повітря в лотках з перфорованим дном та на сітчастій стрічці конвеєра.

Продукти миють і подають у завантажувальний механізм, що має вібруючу решітку для видалення води. Тут їх підсушують, що запобігає змерзанню, і вони потрапляють у першу зону апарату, де підморожуються у стані флюїдизації. Маючи достатню механічну міцність, продукти надходять до другої зони, в якій доморожуються на сітчастій стрічці конвеєра, після чого залишають апарат. Кожна зона має автономну систему подачі повітря. У зоні підморожування осьові вентилятори подають повітря через секції випарника знизу під продукт.



*Рис. 10.4.* Схема флюдизаційного швидкоморозильного апарата:  
 1 – система розморожування повітря; 2 – повітропровід; 3 – промивка охолоджувача; 4 – охолоджувальна батарея; 5 – камера охолоджувача;  
 6 – подача охолодженого повітря; 7 – ізоляція підлоги;  
 8 – люки байпасу; 9 – пульсатор.

### **10.3. Контактні морозильні апарати**

У даних апаратах продукти заморожуються, перебуваючи в безпосередньому контакті з металевою охолоджувальною поверхнею або рідиною (холодоносієм, холодильним агентом). При цьому продукт омивається практично нерухомим повітрям лише з одного боку, що зменшує його усихання. Площа дотику охолоджуючої поверхні до продукту повинна бути максимальною, а термічний опір зони їх контакту – мінімальним. Тому продукту необхідно мати правильну геометричну форму та бути підпресований тиском 15...70 кПа. Для інтенсифікації тепловіддачі від стінки до холодильного агента переважно використовувати безпосереднє охолодження киплячим холодильним агентом, а не розсільне. Продукт може примерзати до поверхні металу, тому доводиться нагрівати металеву поверхню до плюсової температури його вилучення. Для зменшення сил зчеплення з

металом продукту можна використовувати антиадгезійне покриття поверхні металу (поліетилен, фторопласт) або упаковку продукту.

До контактних морозильних апаратів відносяться плиткові, роторні, барабанні, стрічкові, занурювальні та азотні апарати.

### 10.3.1. Плитковий морозильний апарат

У плиткових апаратах у теплообміні беруть участь по дві сторони продукту та плити. Плити при цьому можна розташовувати горизонтально, вертикально і радіально на валу, що обертається.

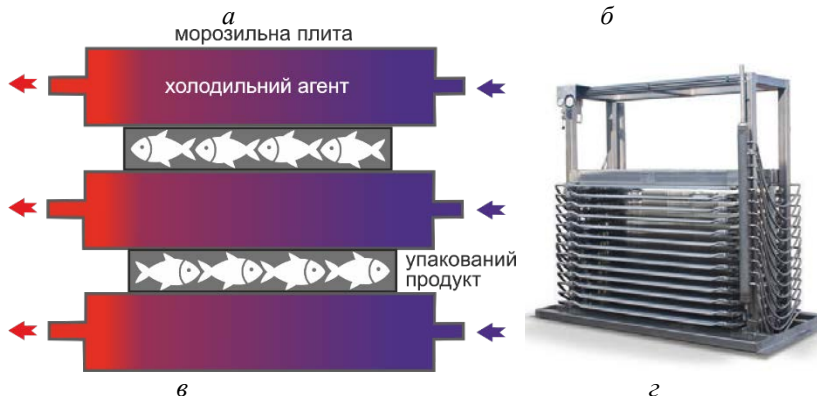


Рис. 10.5. Плитковий морозильний апарат:

- a* – завантаження у вертикальний апарат; *б* – заморожений блок;
- в* – принцип роботи; *г* – загальний вигляд горизонтального апарату

Плитковий апарат із горизонтальними плитами періодичної дії призначений для заморожування продукту, у тому числі й упакованого в коробки заввишки 15...75 мм. Він являє собою металевий каркас, що має теплоізоляційну огорожу з двома стінками. Усередині розташовані плити з алюмінієвого сплаву, які обмежено переміщуються за допомогою гідравлічного приводу. Продукт у блоках та коробках поміщають між плитами, які в робочому стані зближують і дещо

зменшують початкову висоту продукту. Величину зазору між плитами регулюється.

Перед роботою дверні стулки апарата закривають, після чого вмикається система охолодження. Після закінчення процесу заморожування система охолодження відключається, відчиняються дверні стулки, розсуваються плити та продукт вивантажується. Такі апарати застосовують в основному у м'ясній та молочної промисловості. Для заморожування блоків риби використовують апарати з вертикальними плитами.

### ***10.3.2. Апарати для заморожування продуктів у рідкому холодоносії***

Для заморожування харчових продуктів створені механізовані високопродуктивні апарати з непрямим контактом продукту та холодоносія. У таких апаратах теплота від заморожуваного продукту до рідкого холодоносія передається через металеву стрічку рухомого конвеєра або через герметичну вологонепроникну упаковку, що щільно облягає (без повітряних прошарків) продукт. Щоб упаковка щільно прилягала до продукту з неї видаляють повітря.

В апаратах безконтактного заморожування упаковані продукти заморожують методом занурення в охолоджувальну рідину або зрощують рідким холодоносієм на сталій стрічці.

Заморожування продуктів при зануренні в охолодну рідину характеризується більш інтенсивним відведенням теплоти незалежно від їхньої геометричної форми, на відміну від заморожування в контакт з металеву поверхню та в потоці повітря. У рідкому середовищі зазвичай заморожують продукти неправильної форми та значної товщини (птицю, велико кускове м'ясо). Однак труднощі, пов'язані з небажаним проникненням охолоджуючої рідини в продукт, дотриманням санітарно-гігієнічних вимог і підтримкою на необхідному рівні концентрації охолоджуючої рідини, обмежують застосування таких апаратів. Як охолоджуючі рідини застосовують органічні та неорганічні речовини (водні розчини вуглеводів, хлориду натрію, пропіленгліколю, етиленгліколю, суспензії водного льоду тощо), дозволені до застосування органами охорони здоров'я.

У криогенних імерсійних апаратах як тепловідвідне середовище зазвичай застосовують рідкий азот, а іноді й рідке повітря. При заморожуванні у цих апаратах продукт занурюється у рідкий азот чи зрощується ним. За цією ознакою криогенні апарати можна класифікувати на імерсійні апарати (занурення продуктів у ванну з рідким азотом), а також на розпилені апарати рідкого агента у вантажному відсіку.



Імерсійні апарати складаються з ізолюваної ванни, в якій знаходиться рідкий азот, і конвеєра для переміщення продукту в апараті. Переваги імерсійних апаратів – висока інтенсивність заморожування, компактність та простота пристрою.

При зануренні теплового продукту у ванну з рідким азотом у ньому внаслідок високої швидкості заморожування та великої нерівномірності температур в об'ємі виникають значні внутрішні напруги, які порушують структуру продукту, викликаючи його розтріскування та розшарування. У таких апаратах питома витрата рідкого азоту досягає 2 кг та більше на 1 кг замороженого продукту. Зростання питомої витрати азоту призводить до підвищення вартості заморожування продукту. У даних апаратах важко регулювати температуру продукту, що заморожується, який зазвичай має неоднакові геометричні розміри і форму.

Помірна витрата рідкого азоту з одночасним скороченням деформації замороженого продукту досягається в імерсійному апараті із зоною попереднього охолодження продукту (рис. 10.6), що складається з вантажного конвеєра, ванни з рідким азотом, витяжного вентилятора, приводу вантажного конвеєра та ізолюваного контуру.

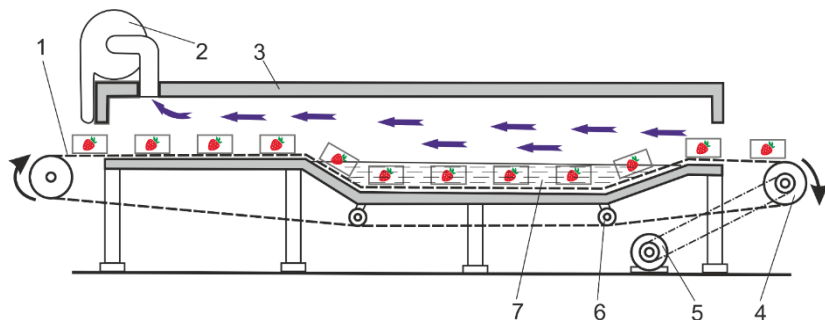


Рис. 10.6. Імерсійний апарат із зоною попереднього охолодження продуктів:

- 1 – вантажний конвеєр; 2 – витяжний вентилятор; 3 – теплоізолюваний контур; 4 – барабан; 5 – ланцюгова передача; 6 – напрямні ролики; 7 – ванна з рідким азотом.

Продукт, який необхідно заморозити, вантажним конвеєром прямує у вантажний відсік, що складається із зони попереднього охолодження продукту та імерсійної зони. У зоні попереднього охолодження продукт обдувається газоподібним азотом, охолоджується та підморожується.

Потім продукт повільно занурюється у ванну з рідким азотом, глибина якої 550 мм, а рівень рідкого азоту підтримується поплавковим регулятором становить 300...400 мм. З ванни заморожений продукт прямує до розвантажувального вікна, через яке видаляється з вантажного відсіку апарату.

Рух газоподібного азоту у зоні попереднього охолодження продукту проводиться витяжним вентилятором, встановленим на вхідному кінці апарату. Газоподібний азот, що виходить з вентилятора, створює газову завісу біля завантажувального вікна апарату, що зменшує теплопритоки у вантажний відсік апарату. Застосування зони попереднього охолодження продукту дозволяє покращити показники роботи таких апаратів порівняно з імерсійними апаратами, які їй не мають. Однак основний недолік імерсійних апаратів підвищена витрата рідкого азоту в апаратах із зоною попереднього охолодження, хоч і зменшений, але не усунений.

---

### **Запитання для самоперевірки**

---

1. Які за конструкцією бувають промислові морозильні апарати?
2. В чому особливість конструкції візкових морозильних апаратів?
3. Наведіть переваги використання спіральних швидкоморозильних апаратів?
4. В чому відмінність принципу роботи флюдизаційних швидкоморозильних апаратів?
5. Для яких продуктів застосовуються контактні морозильні апарати?
6. Які типи плиткових морозильних апаратів бувають? В чому полягає їх принцип роботи?
7. Особливості роботи апаратів для заморожування продуктів у рідкому холодоносії. В чому полягає їх обмежене застосування?

### 11.1. Особливості постачання харчових продуктів

У промислово розвинених країнах прийнято вважати, що витрати на збереження виробленої харчової продукції окупаються багаторазово зниженням втрат у процесі її транспортування до споживача. У зв'язку з цим холод як метод консервування харчової продукції повинен отримати подальший розвиток на основі застосування нових знань у галузі технологій холодильної обробки та зберігання сільгоспсировини та продукції, що швидко псується, а також застосування сучасних технічних засобів для цих цілей.

Безперервний холодильний ланцюг відіграє найважливішу роль для скорочення втрат і збереження якості продуктів харчування, що швидко псуються, на всьому шляху проходження від виробника до споживача. Під безперервним холодильним ланцюгом слід розуміти сукупність холодильних процесів обробки харчових продуктів та технічних засобів, що забезпечують підготовку та доставку споживачеві швидкопсувної харчової сировини та продуктів харчування на його основі з максимальним збереженням їх вихідної якості.

Безперервний холодильний ланцюг як система доставки різних видів швидкопсувної сировини та харчових продуктів на їх основі має загальні принципи будови, організації та функціонування, оскільки включає однотипні процеси:

- холодильне оброблення продукції, під якою розуміють процеси охолодження, підморожування, заморожування – етап підготовки сировини або продуктів на її основі до її подальшого холодильного зберігання;

- зберігання, транспортування, реалізація на підприємствах торгівлі – єдиний процес доставки сировини чи готового продукту споживачеві.

Для кожного виду сировини або продукту можуть бути відмінності за кількістю ланок ланцюга, технологічними вимогами до зберігання, транспортування, режимами холодильної обробки, а також систем виробництва і споживання холоду.

Структура схеми та кількість ланок безперервного холодильного ланцюга залежать від виду харчової сировини та продукту, сезонності заготівлі та виробництва, цільового призначення продукту (промислова переробка, споживання всередині регіону або країни, міжнародна торгівля), рівня життя населення та ін. Основні схеми безперервного холодильного ланцюга деяких продуктів мають такий вигляд (рис. 11.1 –5).

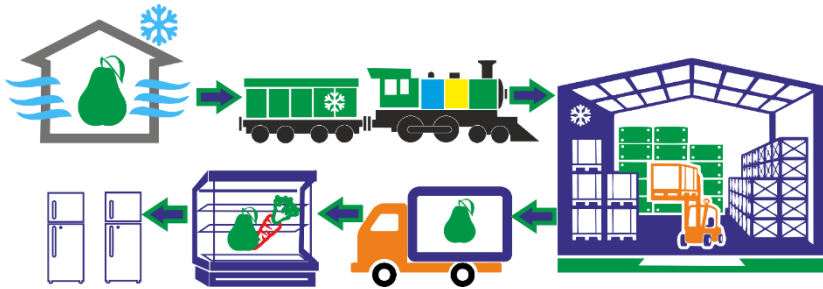


Рис. 12.1. Овочі та фрукти:  
 $3X \rightarrow 3XT \rightarrow PX \rightarrow AXT \rightarrow TXO \rightarrow ПХО$



Рис. 12.2. Овочі та фрукти охолоджені у процесі транспортування:  
 $AXT \rightarrow PX \rightarrow AXT \rightarrow TXO \rightarrow БХО$



Рис. 12.3. М'ясо охолоджене та заморожене, м'ясопродукти, олія, сир та консерви:  $BX \rightarrow 3XT \rightarrow PX \rightarrow AXT \rightarrow TXO \rightarrow ПХО$ .

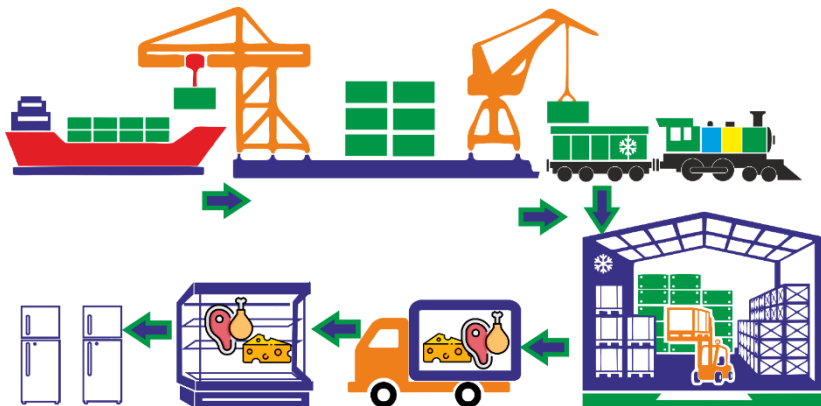


Рис. 12.4. М'ясо охоложене та заморожене, м'ясопродукти, олія, сир та консерви поставлені морським транспортом:

$MX \rightarrow \text{Пор}X \rightarrow \text{ЗХТ} \rightarrow \text{РХ} \rightarrow \text{АХТ} \rightarrow \text{ТХО} \rightarrow \text{ПХО}$ .



Рис. 12.5. Риба та рибопродукти охоложені та заморожені:

$VMX \rightarrow MX \rightarrow \text{Пор}X \rightarrow \text{ЖХТ} \rightarrow \text{РХ} \rightarrow \text{АХТ} \rightarrow \text{ТХО} \rightarrow \text{ПХО}$ .

**Примітка.** ВХ – виробничий холодильник, ЗХТ – залізничний холодильний транспорт, АХТ – автомобільний холодильний транспорт, ПХ – портовий холодильник, РХ – розподільний холодильник, ТХО – торгове холодильне обладнання, VMX – видобувний морський холодильний транспорт, ЗХ – заготівельний холодильник, ТорХ – торгівельний холодильник, ПХО - побутове холодильне обладнання, МХТ – морський холодильний транспорт.

Для успішного функціонування безперервного холодильного ланцюга необхідно забезпечити раціональну продуктивність заготівельних та виробничих холодильників, доцільний режим роботи охолоджуваних об'єктів, дотримання гранично допустимої тривалості знаходження продуктів у холодильному ланцюгу від моменту виробництва до моменту реалізації, відповідність пропускових та переробних характеристик окремих холодильників.

Таким чином, безперервний холодильний ланцюг є складною системою, робота якої вимагає встановлення раціональних умов функціонування об'єктів, що охолоджуються, кожної ланки щодо технологічного, технічного та економічного аспектів.

---

## **11.2. Холодильники у холодильному ланцюгу**

---

### ***11.2.1. Типи холодильників***

---

За призначенням розрізняють такі типи холодильників: виробничі — для зберігання овочів і фруктів (включаючи заготівельні), розподільні, продовольчих баз, портів (транспортно-експедиційні), перевалочні, підприємств роздрібної торгівлі та громадського харчування, змішаного призначення.

***Виробничі холодильники*** входять до складу харчових підприємств (м'ясокомбінатів, рибокомбінатів, молочних і консервних заводів, фабрик морозива тощо.). Вони призначені для охолодження, заморожування та зберігання сировини і готової продукції. На базі використання холодильного устаткування виробничих холодильників можна здійснювати холодопостачання технологічних процесів основного виробництва.

***Холодильники для зберігання овочів і фруктів*** входять до складу і плодово-овочевих, і продовольчих баз або є самостійними підприємствами. Вони розташовуються у містах, селищах, тобто в місцях споживання, або у сільській місцевості (заготівельні холодильники). На сучасних холодильниках цього типу обладнують холодильні камери з регульованим газовим середовищем.

***Розподільні холодильники*** є підприємствами системи оптової і торгівлі і призначені для тривалого зберігання харчових продуктів у центрах споживання з метою рівномірного забезпечення населення харчовими продуктами, у тому числі сезонного характеру. Залежно від номенклатури вантажів, що зберігаються, розподільні холодильники можуть бути універсального типу або спеціалізованими. Часто на розподільних холодильниках є цехи, в яких виготовляють морозиво, сухий і водний лід, фасують масло та інші продукти, виготовляють

напівфабрикати. Такий розподільний холодильник є виробничим підприємством і називається холодокомбінатом.

*Холодильники продовольчих баз* обслуговують торговельну мережу невеликих міст, одержуючи харчові продукти з розподільних і виробничих холодильників.

*Портові холодильники* призначені для зберігання харчових продуктів, які перевозять водним транспортом, з їх перевалкою із суден-рефрижераторів на залізничний і автомобільний транспорт і в зворотному напрямку. Портові холодильники відносять до групи транспортно-експедиційних.

*Перевалочні холодильники* використовують для короткочасного зберігання вантажів при переданні їх з одного виду транспорту на інший, наприклад із залізничного на автомобільний.

*Холодильники на підприємствах роздрібної торгівлі та громадського харчування* призначені для короткочасного зберігання запасу продуктів, які реалізуються підприємством протягом кількох днів.

*Холодильники змішаного призначення* виконують одночасно кілька функцій. Виробничі і портові холодильники у великих містах здійснюють функції розподільних. Портові холодильники у рибних портах можуть виконувати функції виробничих для рибокомбінатів. За умовною вантажомісткістю холодильники поділяються на малі (до 500 т), середні (до 5000 т) і великі (понад 5000 т).

---

### **11.2.1. Розрахунок основних параметрів холодильників**

---

Умовна вантажомісткість холодильника визначається за формулою

$$M_x = M_{к.о} + M_{к.з} + M_{к.ц}, \quad (11.1)$$

де  $M_{к.о}$  і  $M_{к.з}$  — умовна вантажомісткість усіх камер зберігання відповідно охолоджених і заморожених вантажів, т;  $M_{к.ц}$  — умовна вантажомісткість усіх камер зберігання (охолодженого м'яса), облаштованих підвісними шляхами, т.

$$M_{к.о} = 0,35V_{в.о}; \quad (11.2)$$

$$M_{к.з} = 0,35V_{в.з}; \quad (11.3)$$

$$M_{к.ц} = 0,25L, \quad (11.4)$$

де  $V_{в.о}$  і  $V_{в.з}$  — вантажний об'єм камер зберігання відповідно охолоджених і заморожених вантажів, м<sup>3</sup>;  $L$  — вантажна довжина підвісних шляхів, м.

Охолоджуваний будівельний об'єм камери холодильника визначають з виразу

$$V_c = FH, \quad (11.5)$$

де  $F$  — площа підлоги камери,  $\text{м}^2$ ;  $H$  — висота камери від підлоги до стелі,  $\text{м}$ .

Вантажний об'єм камери менший за будівельний і визначається за формулою

$$V_{\text{в}} = F_{\text{в}} H_{\text{в}} < V_{\text{с}}, \quad (11.6)$$

де  $H_{\text{в}}$  — вантажна висота приміщення,  $F_{\text{в}}$  — площа підлоги камери, на якій складено вантаж,  $\text{м}^2$ .

$$F_{\text{в}} = F - \Sigma f, \quad (11.7)$$

де  $\Sigma f$  — загальна площа підлоги, зайнята колонами, проходами та проїздами, майданчиками для маневрування навантажувачів, холодильним устаткуванням (пристінним і підлоговим), а також не зайнята вантажем з технологічних причин (наприклад зміщенням вантажів від пристінних приладів охолодження).

Висота штабелю визначається за формулою

$$H_{\text{ш}} = H_{\text{в}} - h, \quad (11.8)$$

де  $h$  — відстань від верху штабеля до перекриття (стелі або балок), приладів охолодження та повітряних каналів ( $h = 0,2 \dots 0,3 \text{ м}$ ).

Об'ємно-планувальне вирішення конструкції холодильника і пов'язана з ним конструктивна схема будівлі визначаються призначенням холодильника та відповідною структурою його охолоджуваних приміщень. При цьому повинно бути передбачене максимальне зниження капітальних витрат на спорудження холодильника і забезпечені мінімальні витрати під час його експлуатації. У будівлях холодильників розмішують різні охолоджувані приміщення (холодильні камери): призначені для зберігання тільки охолоджених або заморожених продуктів, або тих та інших (універсальні); попереднього охолодження і заморожування (м'ясо, фрукти); охолодження, заморожування і доморожування продуктів; зберігання дефектних вантажів тощо. Передбачають також розвантажувальні, накопичувальні, експедиційні та інші приміщення. Структуру вантажомісткості — кількість камер того чи іншого призначення — визначають за асортиментом харчових продуктів, що зберігаються та оброблюються холодом, і зберігаються згідно з технологічними режимами їх обробки і зберігання, а також за сумісністю окремих продуктів, тобто можливістю сумісного їх зберігання. Структура вантажомісткості і об'ємно-планувальне вирішення конструкції холодильника повинні забезпечувати прогресивну технологію холодильної обробки і зберігання харчових продуктів, раціональні вантажопотоки в будівлі, високий рівень механізації навантажувально-розвантажувальних і транспортно-складських робіт, мінімальні тепло-притоки і витрати холоду.



Приплив тепла у приміщення холодильника може бути обмежений з використанням тільки будівельних матеріалів. Проте застосування в огорожах теплоізоляційних матеріалів нарівні із будівельними зменшує їх масу і товщину.

---

### 11.3. Холодильний транспорт

---

Холодильний (рефрижераторний) транспорт є сполучною ланкою в безперервному холодильному ланцюгу між виробником та споживачем. Нині, при міжнародній торгівлі продуктами харчування морем транспортується приблизно 61 %, наземним транспортом – 34 % та повітрям – 5 %. Обсяг перевезень безперервно зростає у зв'язку з зростаючим обсягом внутрішніх та міжнародних перевезень продуктів, що швидко псуються. Від чіткості організації перевезень та досконалості холодильного транспорту значною мірою залежать збереження якості харчових продуктів та рівень втрат як у процесі транспортування, так і при подальшому зберіганні та переробці.

**Холодильний транспорт** – це сукупність пересувних транспортних засобів і стаціонарних споруд, призначених для перевезення вантажів, що швидко псуються.

Наземні транспортні засоби поділяють на ізотермічні, холодильні, які охолоджуються холодильними машинами або речовинами і нагріваються (опалювані).

*Ізотермічний* (неохолоджувальний) транспортний засіб – це засіб, кузов (або цистерна) якого складається з теплоізоляційних огорожувальних конструкцій, включаючи двері, підлогу і дах, що мають коефіцієнт теплопередачі  $k = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$  у звичайному виконанні і  $k = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$  з посиленою ізоляцією (рис. 11.6).

*Холодильний транспортний засіб, що охолоджується речовиною*, – теплоізолюваний транспортний засіб, що охолоджується водним льодом, сумішшю водного льоду з сіллю (льодосоляною сумішшю), сухим та евтектичним льодом, криогенними рідинами (азотом, повітрям) та іншими пристроями, крім компресорних або абсорбційних машин, система охолодження якого здатна знижувати температуру всередині порожнього кузова і потім підтримувати її на рівні за зовнішньої температури  $t_3 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ , дозволяє знижувати температуру повітря всередині порожнього кузова і потім підтримувати її в залежності від класу (рис 11.7): не вище  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$  (клас С), не вище  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  (клас В) і не вище  $7 \text{ }^\circ\text{C}$  (клас А). Система охолодження має без додаткових надходжень енергії або охолоджуючої речовини забезпечити зниження температури до заданого значення (залежно від класу) та підтримання її на цьому рівні впродовж принаймні 12 год.



Рис. 11.6. Ізотермічний транспортний засіб

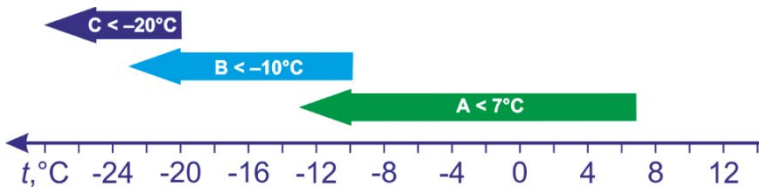


Рис. 11.7. Класи рефрижераторів в залежності від ступеню теплоізоляції кузова чи цистерни

Холодильний транспортний засіб, що охолоджується холодильною машиною, — теплоізований транспортний засіб (рис. 11.8), що має індивідуальну або загальну для декількох транспортних одиниць холодильну машину (установку), яка при  $t_3 = 30^\circ\text{C}$  дозволяє знижувати температуру повітря всередині порожнього кузова і потім підтримувати її (рис.11.9):  $12 \dots 0^\circ\text{C}$  (клас А), від 12 до  $-10^\circ\text{C}$  (клас В), від 12 до  $-20^\circ\text{C}$  (клас С), не вище  $2^\circ\text{C}$  (клас D), не вище  $-10^\circ\text{C}$  (клас Е) і не вище  $-20^\circ\text{C}$  (клас F).



Рис. 11.8. Холодильний транспортний засіб, що охолоджується холодильною машиною

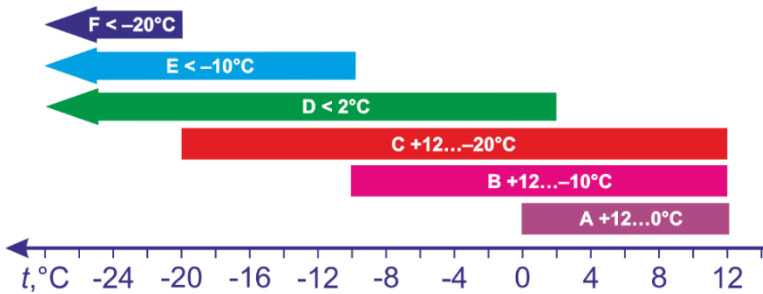


Рис. 11.9. Класи рефрижераторів в залежності від потужності холодильної установки

### 11.3.1 Залізничний холодотранспорт

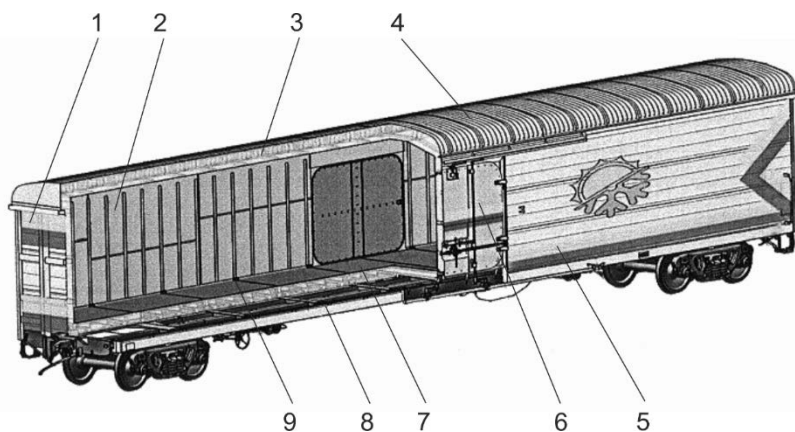
Залежно від виду вантажів, що перевозяться, залізничні транспортні засоби поділяють на універсальні (для перевезення всіх швидкокопсуваних вантажів) і спеціальні (для перевезення певних вантажів: молока і молочних продуктів, виноградних вин, виноматеріалів, живої риби тощо).

Спеціальні вагони пристосовані для перевезення окремих видів продуктів, наприклад молока, пива, вина, живої риби. Добове підвищення (зниження) температури продукту становить 2...4 °C.

Тривалість транспортування визначається часом досягнення продуктом гранично допустимої температури.

*Універсальні вагони* призначені для перевезення різних видів продуктів і поділяються на ізотермічні та холодильні. За способом підтримки необхідного технологічного режиму у вантажному об'єззі залізничні вагони поділяються на ізотермічні, що охолоджуються холодоїльною речовиною та охолоджені холодильними машинами.

*Ізотермічні вагони.* Ці вагони становлять незначну частину вітчизняного рухомого складу, що перевозить продукти. Продукти, що підлягають перевезенню у таких вагонах, можна поділити на три групи: заморожені, охолоджені та не допускаючи підморожування. Заморожені продукти (м'ясо, молочні продукти, риба) перевозять за температури – 6...–12 °С, охолоджені (масло, жири, сир) — за 5...3 °С. Істотною перевагою ізотермічних вагонів (рис. 11.10) є відсутність холодильного та нагрівального обладнання, а отже, і необхідності постачання їх енергоносієм, технічного обслуговування в дорозі.



*Рис. 11.10.* Конструкція ізотермічного залізничного вагону:  
1 – щит торцевий; 2 – внутрішня обшивка; 3 – теплоізоляція; 4 – дах;  
5 – кузов; 6 – двері; 7 – настил підлоги; 8 – рама;  
9 – пристрій для кріплення вантажу

*Вагони, що охолоджуються холодильними машинами.* У нашій країні холодильний рухомий склад складається здебільшого з вагонів цього типу. В даний час парк холодильного залізничного транспорту з машинним охолодженням складається з автономних (автономно

функціонуючих) вагонів та з 3...5 вагонів (що функціонують спільно), об'єднаних у секцію.

Автономні холодильні вагони (рис.11.11) використовують для перевезення невеликих партій вантажів за температур у вантажному приміщенні від 14 до  $-20^{\circ}\text{C}$ . Вони можуть включатися до складу холодильної секції вантажного та пасажирського поїздів. Автономний вагон, що обслуговується, має побутове, дизель-генераторне та вантажне відділення, останнє місткістю  $50\text{ м}^3$  з двома холодильнонагрівальними агрегатами, здатними охолоджувати вантаж від 4 до  $-18^{\circ}\text{C}$ , а також підтримувати температуру повітря в діапазоні від 14 до  $-18^{\circ}\text{C}$  двох вантажних вагонів. місткістю  $85\text{ м}^3$  кожен та три контейнери.

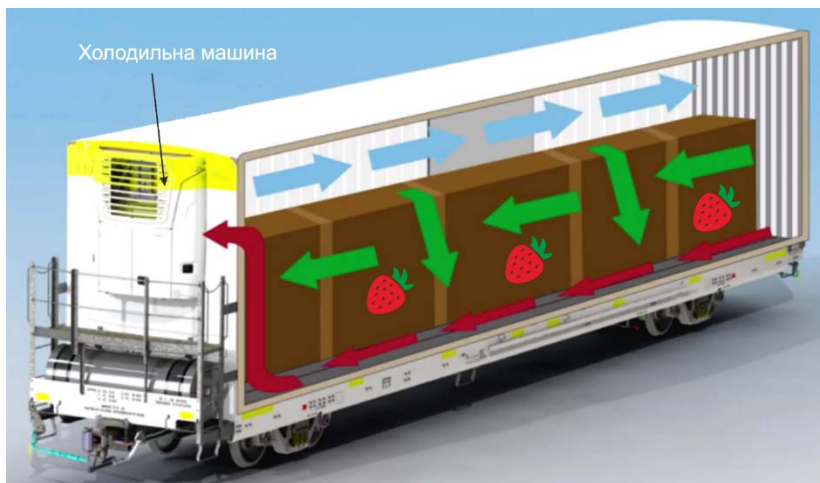


Рис. 11.11. Автономний вагон з холодильною машиною

До складу п'ятивагонної секції входить чотири вантажні вагони та один службовий, розташований у середині складу, в якому знаходяться дизель-електростанція та приміщення для обслуговуючої бригади, що супроводжує секцію. Кожен вантажний вагон секції має вантажне приміщення та машинне відділення, в якому змонтовано два холодильні агрегати. У вантажному приміщенні розташовані повітроохолоджувачі та електронагрівачі. Холодне повітря у вантажне приміщення подається вентиляторами по повітропроводу з отворами.

Передбачені наступні режими роботи холодильної (і нагрівальної) установки: режим охолодження під час перевезення заморожених продуктів, коли температура зовнішнього повітря більша за потрібну; режим охолодження при перевезенні овочів та фруктів, що включає їх холодильну обробку (охолодження) від 30 до 4 °С протягом 48 год та подальше зберігання в умовах  $t_3 > 4$  °С; режим нагрівання під час перевезення продуктів за умов  $t_3 < 4$  °С; відтавання повітроохолоджувачів гарячою парою, компресором, що нагнітається, в секцію повітроохолоджувача.

---

### ***11.3.2 Автомобільний холодильний транспорт***

---

Автомобільний холодильний транспорт – це єдиний засіб, що здійснює внутрішньоміські перевезення харчових продуктів. Його використовують також для міжміських, міжобласних та міжнародних перевезень. Перевага автомобільного транспорту полягає в тому, що він дозволяє здійснювати безперевантажувальні (прямі) перевезення від виробника до споживача, де б вони не були. У порівнянні із залізничним транспортом, він володіє великою мобільністю та оперативністю. Проте вартість автомобільних перевезень вища та обмежена мережею автомобільних доріг.

Засобами автомобільного холодильного транспорту є фургони, напівпричепи, причепи одно- та двовісні.

Автомобільні транспортні засоби, залежно від вантажопідйомності та призначення, можуть бути:

- малої вантажопідйомності (0,5...1,5 т) для внутрішньоміських перевезень товарів дрібними партіями;
- середньої вантажопідйомності (2,5...5 т) для внутрішньоміських та внутрішньообласних перевезень;
- великої вантажопідйомності (8...22 т) для міжобласних та міжнародних перевезень товарів.

*Ізотермічні автомобілі.* Вони застосовуються для перевезень попередньо охолоджених (або заморожених) продуктів в умовах, за яких підвищення температури за час навантаження, вивантаження та транспортування не позначається на якості продуктів. Наприклад, заморожену до температури –40 °С рибу можна транспортувати без застосування додаткових охолоджувачів протягом 5...6 днів.

*Автомобілі, що охолоджуються холодильними речовинами.* Вони використовуються в основному для внутрішньоміських перевезень продуктів і охолоджуються діоксидом вуглецю, евтектичним льодом або рідким азотом. Внутрішньоміська доставка товарів пов'язані з частими зупинками тривалістю 20...30 хвилин, під час яких

виробляється розвантаження партії товарів. Теплопритік через відчинені двері внаслідок їх частого відкривання становить у теплу пору року основну частину теплового навантаження. Тому система охолодження повинна бути розрахована на роботу в умовах піків теплового навантаження, що чергуються.

*Автомобілі, що охолоджуються холодильними агрегатами.* Цей вид транспорту найбільш поширений і використовується для перевезення продуктів як у межах міста, так і між державами, оскільки такі автомобілі можуть працювати безперервно, підтримувати різні температури повітря в кузові та нагрівати кузов за потреби.

Холодильне обладнання, виконане в полегшеному варіанті, компонується у вигляді двох блоків таким чином, щоб охолоджувач повітря знаходився в охолоджуваному обсязі, а решта холодильного обладнання розташовується в передній торцевій частині кузова. Охолоджувач повітря забезпечує подачу повітря з кратністю 30...60 обсягів порожнього кузова в годину і підтримання температури вище – 12 °С. Відтавання повітроохолоджувачів переважно здійснюють гарячою парою хладагента, використовують також електричні нагрівачі.

Основними напрямками розвитку холодильного автомобільного транспорту є створення економічних та екологічно чистих систем охолодження; застосування теплоізоляційних панелей типу «сандвіч» з  $k = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ; секціонування охолоджуваного обсягу для можливості одночасного перевезення охолоджених та заморожених продуктів; підвищення точності підтримки температури повітря та рівномірності температурного поля в охолоджуваному об'ємі шляхом збільшення кратності повітрообміну до 100 (замість 60) об'ємів/год. Для перевезення молока, води, квасу, пива та інших рідин, температура яких не повинна перевищувати допустиму, використовують ізотермічні автоцистерни.

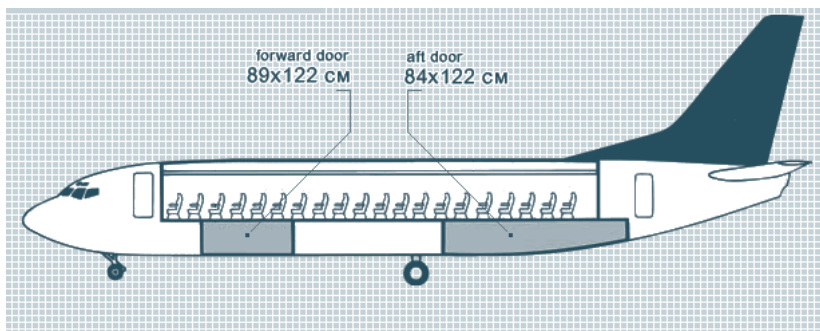
---

### ***11.3.3. Повітряний холодильний транспорт***

---

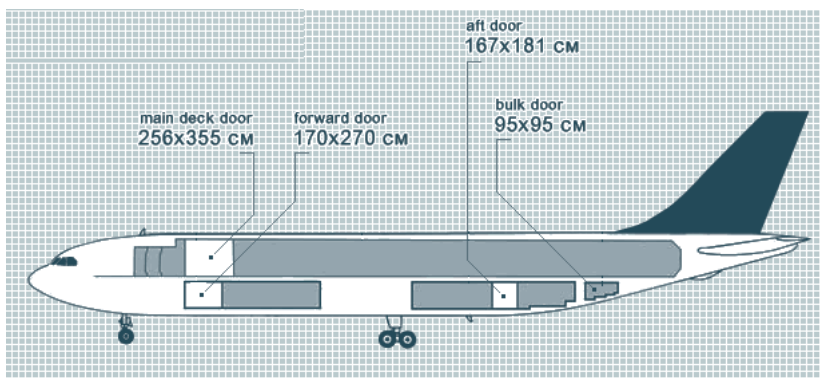
Повітряний холодильний транспорт, порівняно з іншими видами транспорту, дозволяє швидше перевозити вантажі на великі відстані. З його допомогою в даний час перевозяться багато видів продуктів, що швидко псуються. Проте внаслідок високої вартості перевезень основну їх частину складають продукти, що швидко втрачають якість і мають високу вартість: морські делікатесні продукти, екзотичні фрукти, ранні овочі та ягоди. Існує багато постійно діючих ліній повітряних перевезень, наприклад морепродуктів з Японії до США та Європи, м'яса та ягід з Австралії чи Ізраїлю до Європи тощо.

Для перевезень повітряним транспортом використовуються сучасні контейнери, які мають алюмінієвий каркас, ізоляцію з пінополіуретану товщиною 10...25 мм. Розмірами, формою та місткістю вони відрізняються від контейнерів для наземного та водного транспорту. Їх характеристики поки не регламентовані міжнародними стандартами. Для доставки щодо невеликих партійних продуктів використовують контейнери місткістю до 3 м<sup>3</sup>, які транспортуються пасажирськими та транспортними літаками з фюзеляжами різного типу.



Boeing 737-300 (B737-300):

максимальне завантаження – 16 000 кг; максимальний об'єм – 127 м<sup>3</sup>



Airbus A300B4:

максимальне завантаження – 43 500 кг; максимальний об'єм – 280 м<sup>3</sup>

Рис. 11. 12. Характеристики вантажних літаків



---

### ***11.3.4. Водний холодильний транспорт***

---

Водний холодильний транспорт поділяється на морський та річковий. Значна частина засобів морського холодильного транспорту обслуговує рибну промисловість. Рибпромисловий холодильний флот складається з судів різного призначення: видобувних або промислових, обробних та приймально-транспортних.

Добувають холодильні судна (середні рибальські траулери, рибоморозильні траулери, великі морозильні траулери тощо) ловлять і обробляють рибу. Одні з них виробляють готову продукцію (морожену рибу, філе, консерви, рибне борошно) безпосередньо в районі промислу, інші після первинної обробки передають рибу на обробні судна (рис. 11.13). Перші, що виробляють готову продукцію, оснащені холодильною установкою, що забезпечує отримання водного льоду в льодогенераторах, заморожування риби та філе в швидкоморозильних апаратах, зберігання мороженої продукції в трюмах. Другі мають холодильну установку для холодильної обробки риби та її короткочасного зберігання.



*Рис. 11. 13. Середній рибальський траулер*

*Обробні холодильні судна* (виробничий рефрижератор, плавбаза) приймають від видобувних суден рибу-сирець та напівфабрикат, виготовляють готову продукцію, доставляють її в порт або передають її приймально-транспортному судну. Судна цього типу оснащені потужною холодильною установкою для отримання водного льоду в льодогенераторах, заморожування риби в швидкоморозильних апаратах та зберігання охолодженої та замороженої продукції у трюмах.

*Обробні холодильні судна* (виробничий рефрижератор, плавбаза) приймають від видобувних суден рибу-сирець та напівфабрикат, виготовляють готову продукцію, доставляють її в порт або передають її приймально-транспортному судну. Судна цього типу оснащені потужною холодильною установкою для отримання водного льоду в льодогенераторах, заморожування риби в швидкоморозильних апаратах та зберігання охолодженої та замороженої продукції у трюмах.

*Прийомно-транспортні холодильні судна* приймають продукцію від видобувних і обробних суден, що у віддалених акваторіях океану, і транспортують їх у порт. Це швидкохідні судна з трюмами великої місткості, в яких перевозять охолоджені та заморожені продукти.

Для перевезення продуктів між портами призначення служать транспортні річкові та морські холодильні судна, які поділяються на універсальні та спеціалізовані, наприклад судна-контейнеровози для перевезення холодильних контейнерів. В даний час морські транспортні судна перевозять такі основні продукти: банани (30%), цитрусові, фрукти, м'ясо (32 %), рибу (15 %) тощо.

---

### ***11.3.5. Холодильні контейнери***

---

Контейнер – це тара, що багаторазово обертається, для перевезень і тимчасового зберігання вантажів. Причому вантаж зазвичай перевозиться різними видами транспорту без перевантаження, перевантажується сам контейнер. Це забезпечує збереження вантажу, зменшує його втрати від пошкодження та покращує санітарні умови (рис. 11.14).

Використання контейнерів дозволяє підвищити продуктивність праці на вантажно-розвантажувальних операціях у 4...5 разів, порівняно із звичайними перевезеннями, різко зменшити простої транспортних засобів під навантаженням, прискорює перевезення через зменшення кількості вантажних операцій. У той же час контейнеризація вимагає великих витрат: контейнери, контейнерні термінали (майданчики для зберігання контейнерів та станції їх технічного обслуговування), вантажно-розвантажувальні механізми, розвинена транспортна мережа тощо. Контейнеризація зазвичай є доцільною при змішаних перевезеннях на великі відстані на постійних лініях коли є зустрічний потік вантажів.

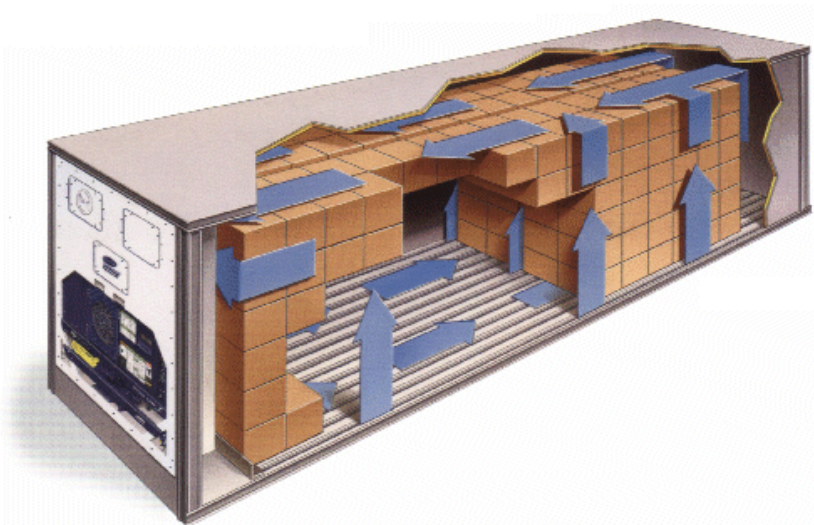


Рис. 11. 14. Повітряний потік у автономному холодильному контейнері

Контейнери класифікують по вантажопідйомності (довжині) на великотоннажні – маса брутто 30 т (довжина – 12,19 м, або 40 футів), середньотоннажні – маса брутто 20 т (довжина – 6,06 м, або 20 футів) і малотонажні – маса брутто 10 т (довжина – 3,05 м, або 10 футів). Контейнери мають однакові розміри за висотою та шириною — 2438 мм, або 8 футів, крім контейнерів (типу ІАА), призначених для перевезення м'яса у підвішеному стані, що мають дещо збільшену висоту — 2591 мм, або 9 футів.

Основою контейнерного парку є великотоннажні контейнери масою брутто 20 т (тип ІС) та 30 т (тип ІА). Проте останнім часом збільшується використання невеликих контейнерів (до 1,5 т) для внутрішньоміських та міжміських перевезень невеликих партій продуктів.

Холодильні контейнери можуть бути ізотермічними, з холодильними машинами і опалювальними. Холодильні контейнери розраховують на експлуатацію за температури зовнішнього повітря – 40...–45 °С. Холодильна (нагрівальна) установка повинна виконувати свої функції за температури від 55 до –50 °С та атмосферному тиску 83...105 кПа. При перевезенні фруктів необхідна передбачена вентиляція, що забезпечує об'ємну подачу повітря від 1,5 до 5,9 м<sup>3</sup>/год.

---

#### **11.4. Умови, терміни та особливості перевезення різних харчових продуктів**

---

Технологія зберігання швидкопсувних продуктів багато в чому визначає технологію перевезень. Безперервність холодильної ланцюга вимагає дотримання однакових умов як у стаціонарних холодильниках, і на холодильному транспорті. Оброблення товарів визначає підготовку транспортних засобів. Несприятливі умови зберігання товарів на стаціонарних холодильниках ускладнюють перевезення, скорочують граничний термін транспортування.

Особливості транспортування різноманітних харчових продуктів залежать від багатьох умов та особливостей самих продуктів.

**Флодоовочеві товари та картопля.** Умови транспортування плодів та овочів залежать від низки факторів: їхньої здатності зберігатися, умов вирощування, ступеня зрілості тощо. Для успішного перевезення плодів та овочів вони повинні бути ретельно упаковані у відповідну тару. Найкраще укладання плодів та овочів у таку тару, у якій вони не стикаються один з одним. Для цього використовують різні пакувальні матеріали: поліетиленову плівку, деревну стружку, папір тощо. Розміщення у вагонах та кузовах тари здійснюють так, щоб кожне вантажне місце омивалося потоком повітря.

Кожне місце зміцнюють для запобігання механічним ушкодженням плодів та овочів. Також потрібна підтримка постійних температури та вологості.

Граничні терміни перевезення свіжих плодів та овочів залежать від виду транспорту, виду продукції, періоду року та становлять (наприклад) для літніх яблук в ізотермічних вагонах 20 діб, літніх груш 12, сливи 16, суниці 3, капусти 15–18, картоплі ранньої 14, пізнього 20 діб тощо.

**Консервна продукція.** У загальному обсязі перевезень вантажів, що швидко псуються, консервна продукція становить близько 20 %. Рибні та м'ясні консерви транспортують рівномірно впродовж року. Перевезення плодоовочевих консервів має яскраво виражену сезонність. Залежно від пори року консерви доставляють в ізотермічних вагонів без утеплення, з утепленням, з опаленням.

**М'ясо та м'ясопродукти.** У загальному обсязі перевезень залізничним транспортом м'ясо та м'ясопродукти становлять близько 6 %. Перевезення м'яса характеризуються сезонністю, що визначається нерівномірністю заготівлі худоби впродовж року: понад 40 % м'яса заготовляють у вересні – листопаді.

Для транспортування м'яса залізницею використовують 5-вагонні секції, обладнані пристроями для підвіски м'ясних туш.

Використовують також автономні вагони. Вагони та секції закріплені за великими м'ясокомбінатами, які постійно відвантажують охолоджене м'ясо у промислові центри. Праві половини напівтуші мають у своєму розпорядженні з одного боку, ліві – з іншого. Четвертини яловичини та туші баранини підвішують у два яруси на дерев'яних розгонах або мотузках. Перспективне перевезення охолодженого м'яса в ящиках. Для цього туші розрубують на стандартні висівки, які обгортають целофаном і щільно укладають у ящики. Такий спосіб дозволяє краще використовувати транспортні засоби (щільніше завантаження), скорочує усихання, покращує санітарні умови.

Переохолоджене м'ясо укладають уздовж вагона на решітки підлоги щільними штабелями в клітку. Основну частину м'яса і м'ясних продуктів перевозять у замороженому стані. М'ясо укладають у вагони щільним штабелем, що дозволяє краще акумулювати холод і зменшує усихання. М'ясо різних категорій вгодованості завантажують у вагон окремо. Терміни його перевезення залежать від типу вагона, пори року і становлять у середньому 5–20 діб для замороженого, 3–12 для охолодженого.

Такі ж способи укладання використовують під час перевезення м'яса автомобільним холодотранспортом. Спільне перевезення охолодженого та замороженого м'яса не рекомендується, допускається лише короткочасне перевезення за нормальної температури 0...1 °С.

**Риба та рибопродукти.** Через віддаленість пунктів видобутку від основних місць споживання середня дальність перевезення риби значно вища, ніж інших вантажів, що швидко псуються. До надходження на наземний транспорт значної частини риби тривалий час перебуває в морському транспорті, де її збереження забезпечується рефрижераторними судами, й у портових холодильниках. Рибу, що надходить у порти в обробленому вигляді, перевантажують у вагони з борту судна. Охолоджену (прісною або морською водою, льодом) рибу перевозять у ящиках або ящиках-клітинах, сухотарних бочках, які укладають у вагони або автомобільні кузови щільними та правильними рядами.

Збереження її забезпечується з допомогою безперервного танення льоду, шарами перекладеного з рибою. Найчастіше здійснюють перевезення мороженої риби. Рибу сухої заморозки перевозять у картонних коробах або дерев'яних ящиках, заморожену мокрим способом доставляють у спеціальних контейнерах, деках, що не пропускають розсіл. Температура перевезення не вище –18 °С для риби сухої заморозки, –12 °С – мокрої заморозки, при льодосоловому та природному способах заморозки – не вище –6 °С.

Живу рибу перевозять її у спеціальних живорибних цистернах із пристроями для аерації води. Заповнення баків водою здійснюють на 4/5 їхньої висоти. Температуру підтримують від 2 до 4 °С. Термін між їх уловом та навантаженням не повинен перевищувати 36 год.

**Молоко та молочні продукти.** Через короткий термін зберігання цих продуктів перевезення їх має бути чітко організовано. Найбільшу частину молока доставляють у спеціальних автомобільних цистернах. Залежно від температури транспортування масло укладають щільно (при температурі не вище –20 °С), вертикальним або шаховим способом. Сири пакують у дощаті ящики та дерев'яні барабани. Великі сири можна перевозити без тари на стелажах. Температуру підтримують від 0 °С до 5 °С. Не обмежують терміни доставки у ізотермічних вагонах вершкового масла, сирів; для молока цей термін не більше 3 днів, сирних сирків 2 доби.

---

### **Запитання для самоперевірки**

---

1. Що розуміють під безперервним холодильним ланцюгом?
2. Від чого залежить структура схеми та кількість ланок безперервного холодильного ланцюга?
3. Які ви знаєте типи холодильників?
4. Які основні технічні характеристики розраховуються при будівництві чи виборі промислових холодильників?
5. Що собою являє ізотермічний (неохолоджувальний) транспортний засіб?
6. Які є класи рефрижераторів в залежності від ступеню теплоізоляції кузова чи цистерни?
7. На які класи поділяються рефрижератори в залежності від потужності холодильної установки?
8. Які залізничні транспортні засоби використовуються для швидкопсувних вантажів?
9. Що собою являє залізнична п'ятивагонна рефрижераторна секція?
10. Який автомобільний транспорт використовується для перевезення швидкопсувних продуктів?
11. Для чого використовують повітряний холодильний транспорт?
12. Для чого використовують водний холодильний транспорт?
13. В чому переваги використання контейнерів для перевезення швидкопсувних продуктів?
14. Від чого залежить вибір транспорту і умов перевезень в холодильному ланцюгу?
15. Особливості авіаперевезень в холодильному ланцюгу.

## Список використаної літератури

1. Бодак М.П. Холодильна технологія та технічні засоби її забезпечення: підручник / М.П. Бодак, І.В. Сирохман. – Львів: Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2018. – 416 с.
1. Вербій В.П. Сучасні методи обробки харчових продуктів: навч. Посібник. Київський національний торгово-економічний університет. Київ, 2004. 134 с.
2. Гладушняк О.К. Технологічне обладнання консервних заводів: підручник / О.К. Гладушняк. – Херсон: Видавець Грінь Д.С., 2015. – 348 с.
3. Грищенко В.О. Типові технологічні процеси і холодильне обладнання для зберігання рослинної продукції: моделювання, динамічні режими, керування: монографія/ В.О. Грищенко. Київ: ЦП «Компринт», 2018. 248 с.
4. Замораживание пищевых продуктов в воздушных скороморозильных аппаратах / под ред. д-ра техн. наук, проф. А.М. Войтко Херсон : ОЛДИ-ПЛЮС, 2013. 226 с.
5. Холодильні технології: навч. посіб./ В.М. Козін, В.М. Арсеньев, Ю.М. Вертепов; Сум. держ. ун-т.- Суми : Сум. держ. ун-т, 2014. 188 с.
6. Конвісер І.О. Холодильна технологія харчових продуктів: навч. посібник / І.О. Конвісер, Т.Б. Паригіна; Київський національний торгово-економічний університет. – Київ, 2001. – 242 с.
7. Лозовський А.П. Основи холодильних технологій: навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2017. 149 с.
8. Масліков М.М. Отоплення та розморожування харчових продуктів // Холод М+Т. 2010. № 5.
9. Масліков М.М. Способи швидкого заморожування харчових продуктів // Мясное дело. 2006. № 3. С. 36–38.
10. Масліков М.М. Сучасні холодильні технології харчового ланцюга [Електронний ресурс]: курс лекцій для студ. освіт. ступ. «Магістр» спец. 142 «Енергетичне машинобудування» спеціал. «Холодильні машини і установки» ден. та заоч. форм навч. / М.М. Масліков; НУХТ. Київ : НУХТ, 2017. 353 с.
11. Масліков М.М. Холодильна технологія харчових продуктів: Навч. посіб. К.: НУХТ, 2007. 335 с.
12. Мойрер Х., Шварц В. Ланцюг охолодження риби // Холод. 2004. № 2. С. 34–38.

13. Нанотехнології заморожених пюре із плодів цитрусових з унікальними характеристиками / Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, Н.М. Тимофєєва та інш. // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2013. Вип. 1(1). С. 27-36.

14. Одарченко Д. Низькотемпературне зберігання продуктів / Харчова і переробна промисловість. 2001. № 6. С. 17–18.

15. Технології консервування плодів та овочів: підручник / О.І. Аністратенко, К.В. Калайда, Л.Ю. Матенчук; за ред. А.Ю. Токар; Уманський національний університет садівництва. Умань: Візаві, 2015. 568 с.

16. Одарченко А.М. Наукові основи формування якості харчових продуктів при консервуванні холодом // Вост.-Европ. журн. передових технологій. 2013. № 4/10. С. 40-42.

17. Одарченко Д.М. Заморожування напівфабрикатів із овочевої сировини та їх товарознавчі властивості: навч. посібник // Харківський державний університет харчування та торгівлі. Харків 2005.– 360 с.

18. Оптимізація технології заморожування плодоовочевої продукції: монографія / В.Ф. Ялпачик, Н.П. Загорко, С.В. Кюрчев, В.Г. Тарасенко, Л.М. Кюрчева: Таврійський державний агротехнологічний університет. Мелітополь: Вид. буд. Мелітоп. міськ. друк., 2018. 216 с.

19. Паламарчук Г.С. Удосконалення технології розсільного заморожування риби: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.04: Одеська національна академія харчових технологій. Одеса, 2005. 18 с.

20. Плодоовочесховища: проектування, оптимізація, розрахунки: підручник / М.Г. Хмельнюк, В.П. Кочетов, А.В. Форсюк, Н.В. Жихарева: Одеська національна академія харчових технологій, Національний університет харчових технологій. Одеса: Бондаренко М. О., 2018.– 228 с.

21. Подмазко О.С., Подмазко І.О. Аналіз зміни середньооб'ємної температури при охолодженні харчових продуктів // Холодильна техніка та технологія. 2018. Т. 54, Вип. 2. С. 48–51.

22. Руженкова О. Швидке охолодження // Плантатор. 2015. № 4. С. 102–105.

23. Семенюк Д.П., Петренко О.В. Технологічне холодильне обладнання: навч. посібник у 2 ч. Ч. 1, Харків: ХУДУХТ, 2018. 241 с.



24. Семенюк Д.П., Петренко О.В. Технологічне холодильне обладнання: навч. посібник у 2 ч. Ч. 2, Харків: ХУДУХТ, 2018. 308 с.
25. Технологія молочних продуктів : підручник / Г.Є. Поліщук, О.В. Грек, Т.А. Скорченко; М-во освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. Київ: НУХТ, 2013. 502 с.
26. Тітлов О.С., Горикін С.Ф. Холодильне обладнання підприємств харчової промисловості : навч. посібник. Львів: Новий Світ-2000, 2012. 288 с.
27. Проектування холодильників для зберігання плодоовочевої продукції: підручник / М.Г. Хмельнюк, В.П. Кочетов, А.В. Форсюк; під заг. ред. М.Г. Хмельнюк: Одеська національна академія харчових технологій, Херсон: Грінь Д. С., 2015. 162 с.
28. Хмельнюк М.Г., Подмазко О.С. Холодильні установки спеціального призначення: підручник. Одеська національна академія харчових технологій. Херсон: Вид. Грінь Д.С., 2013. 488 с.
29. Холодильні установки: Підручник / 6-е вид., перероблене і доповнене / І.Г. Чумака, В.П. Чепурненко, С.Ю. Лар'яновський та ін.; за ред. І.Г. Чумака. – Одеса: Рефпринтінфо, 2006. – 550 с.
30. Шутюк В.В. Основи холодильних технологій: конспект лекцій для студ. спец. 7.091706 ден. та заоч. форм навч. К. : НУХТ, 2011. 71 с.
31. Anderson B.A., Singh R.P. Effective heat transfer coefficient measurement during air impingement thawing using an inverse method // Intern. J. of Refrigeration. 2006. 29(2). P. 281-293.
32. IIR (International Institute of Refrigeration). (2006). Markets: frozen foods. Newsletter of the IIR (International Institute of Refrigeration) No. 25, January, 2006.
33. Becker B. R., Fricke B. A. Heat transfer coefficients for forced-air cooling and freezing of selected foods // Intern. J. of Refrigeration. 2004. 27 (5). P. 540-551.
34. Cheftel J.C., Thiebaud M., Dumay E. Pressure-assisted freezing and thawing: a review of recent studies // High Pressure Research. 2002. 22. P. 601-611.
35. Fellows P. Food Processing Technology- Principles and Practice. – 2nd ed. - Cambridge, UK: Woodhead Publishing, 2000.
36. Krokida M.K., Zogzas N. P., Maroulis Z. B. Heat transfer coefficient in food processing: Compilation of literature data // Intern. J. of Food Properties. 2002. 5(2). P. 435-450.

37. Rahman M.S. State diagram of foods: Its potential use in food processing and product stability // Trends in Food Science & Technology. 2006. 17. P. 129-141.

38. Saunders M., Podluzi K., Shergill S., Buckton G., Royall P. The potential of high speed DSC (Hyper-DSC) for the detection and quantification of small amounts of amorphous content in predominantly crystalline samples // Intern. J. of Pharmaceutics. 2004. 21 A. P. 35-40.

39. Wang N.,-Brennan J. G. Thermal conductivity of potato as a function of moisture content II J. Of Food Engineering. 2003. 17(2). P. 153-160.

## Додатки

Таблиця 1

### Питома теплосмність для харчових продуктів до і після замерзання

Продукти	Питома теплосмність продуктів			
	до замерзання (незаморожених)		після замерзання (заморожених)	
	кДж/(кг°С)	ккал/(кг°С)	кДж/(кг°С)	ккал/(кг°С)
1	2	3	4	5
Абрикоси свіжі	3,68	0,88	1,8	0,43
Авокадо	3,01	0,72	1,55	0,37
Агрус	3,6	0,86	1,76	0,42
Ананаси свіжі	3,68	0,88	1,8	0,43
Апельсини свіжі	3,77	0,9	1,8	0,43
Артишок, топінамбур	3,64	0,87	1,76	0,42
Айва	3,68	0,88	1,8	0,43
Банани	3,35	0,8	1,67	0,4
Баклажани	3,94	0,94	1,88	0,45
Буряк	3,77	0,9	1,8	0,43
Виноград	3,6	0,86	1,76	0,42
Вишня садова	3,68	0,88	1,72	0,41
Гарбуз	3,85	0,92	1,84	0,44
Гранат	3,56	0,85	1,72	0,41
Грейпфрут	3,81	0,91	1,84	0,44
Гриби свіжі	3,89	0,93	1,84	0,44
Гриби сушені	1,26	0,3	0,96	0,23
Групи	3,56...3,73	0,85...0,89	1,72...1,8	0,41...0,43
Горох молодий	3,56	0,85	1,72	0,41
Журавлина	3,77	0,9	1,59	0,38
Інжир свіжий	3,43	0,82	1,72	0,41
Кавун	3,94	0,94	1,88	0,45
Капуста, Броколі	3,85	0,92	1,84	0,44
Капуста	3,94	0,94	1,88	0,45
Цвітна капуста	3,89	0,93	1,84	0,44
Капуста квашена	3,89	0,93	1,84	0,44
Картопля	3,43	0,82	1,72	0,41
Квасоля	3,39	0,81	1,67	0,4
Квасоля боби	3,81	0,91	1,84	0,44

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5
Лохина, чорниця	3,64	0,87	1,76	0,42
Лимони	3,81	0,91	1,84	0,44
Цибуля порей	3,81	0,91	1,84	0,44
Цибуля	3,77	0,9	1,8	0,43
Масло	1,26	0,3	1	0,24
Малина чорна	3,56	0,85	1,72	0,41
Малина червона	3,73	0,89	1,8	0,43
Молоко коров'яче	3,77	0,9	1,97	0,47
Морепродукти, м'ясо молосків	3,52	0,84	1,51	0,36
Морепродукти, ікра тріски	3,18	0,76	1,63	0,39
Морепродукти, краби	3,52	0,84	1,72	0,41
Морепродукти креветки	3,48	0,83	1,72	0,41
Морепродукти, лобстери	3,43	0,82	1,72	0,41
Морковка	3,81	0,91	1,84	0,44
Нектарини	3,6	0,86	1,76	0,42
Горіхи	1,17	0,28	1	0,24
Ожина	3,64	0,87	1,76	0,42
Оливки зелені	3,35	0,8	1,67	0,4
Огірки	4,1	0,98	1,88	0,45
Персики	3,64-3,81	0,87-0,91	1,76-1,84	0,42-0,44
Перець спілий	3,81	0,91	1,84	0,44
Полуниця	3,98	0,95	1,88	0,45
Родзинки	1,63	0,39	1,09	0,26
Риба Барракуда	3,35	0,8	1,67	0,4
Риба Окунь	3,43	0,82	1,72	0,41
Риба камбала	3,6	0,86	1,76	0,42
Риба, масляна	3,22	0,77	1,63	0,39
Риба карп	3,43	0,82	1,72	0,41
Риба лосось	2,97	0,71	1,55	0,37
Риба, тріска	3,6	0,86	1,63	0,39
Риба меч	3,35	0,8	1,67	0,4
Риба форель	3,43	0,82	1,72	0,41
Риба тунець	3,18	0,76	1,63	0,39
Риба, вугор	3,22	0,77	1,63	0,39
Риба пикша	3,56	0,85	1,76	0,42
Риба палтус	3,35	0,8	1,67	0,4

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5
Риба оселедець	2,97	0,71	1,55	0,37
Риба, щука	3,52	0,84	1,72	0,41
Редиска і редька	3,98	0,95	1,88	0,45
Риба скумбрія	3,06	0,73	1,63	0,39
Риба сардини	3,22	0,77	1,63	0,39
Риба осетрина	3,48	0,83	1,72	0,41
Ревінь	4,03	0,96	1,88	0,45
Спаржа	3,94	0,94	1,88	0,45
Селера	3,94	0,94	1,88	0,45
Смородина	4,06	0,97	1,88	0,45
Сливи	3,73	0,89	1,8	0,43
Слива дика	3,39	0,81	1,67	0,4
Томати (червоні)	3,98	0,95	1,88	0,45
Томати (зелені)	4,02	0,96	1,88	0,45
Турнепс	3,89	0,93	1,84	0,44
Устриця	3,52	0,84	1,72	0,41
Фініки	0,84	0,2	0,03	0,01
Хрін, свіжий	3,31	0,79	1,67	0,4
Хрін паста	3,68	0,88	1,8	0,43
Хурма	3,01	0,72	1,55	0,37
Черешпья	3,52	0,84	1,67	0,4
Часник	3,31	0,79	1,67	0,4
Яблука дикі	3,56	0,85	1,8	0,43
Яблука	3,64	0,87	1,76	0,42
Яйця	3,18	0,76	1,67	0,4

<https://tehtab.ru/Guide/GuidePhysics/GuidePhysicsHeatAndTemperature/SpecificHeat/FoodStuffSpecHeatCapacity/>

Таблиця 2

## Характеристика тари для продукції

Матеріал тари	Маса тари, % від маси продукту	Питома теплоємність, кДж/(кг·К)
Скляна	100	0,84
Дерев'яна	20	2,51
Картонна	10	1,67
Пластмасова	20	2,09
Металева (алюміній)	15	0,84
Металева (сталь)	20	0,42
Металевий тара-контейнер	100	0,42

Таблиця 3

## Теплоприпливи від дихання плодів і овочів

Продукт	Вантажна місткість камери, т	Питома тепл. дих. при $t=0$ °С, Вт/т	Температ. коеф. швидкості дихання, $1/^\circ\text{C}$	Питома тепл. дих. при $t=20$ °С, Вт/т	Питома тепл. дих. при збер., Вт/т	Теплот. дих. при охолодж., Вт	Теплот. дих. в норм. режимі, Вт	Теплот. дих. в реж. зберіг., Вт
Літній період ( $t = 25$ °С)								
Персики	47,6	23,6	0,1139	407,0	23,6	9613,5*	1462,7*	557,8
Сливи	47,6	18,8	0,1149	332,4	18,8	7851,5	1184,2*	443,7**
Осінній період ( $t = 15$ °С)								
Яблука	47,6	12,1	0,0932	49,0	12,1	1157,1	372,7	285,7
Груші	47,6	15,7	0,0597	38,4	15,7	907,3	423,7	371,1
Виноград	42,0	13,8	0,1277	93,7	13,8	1959,1	456,5	288,9
Картопля	70,0	10	0,0617	25,2	12,8	877,0	487,6	445,3*
Цибуля	53,2	11,1	0,0668	30,2	10,0	798,0	316,8	264,1**
Морква	50,4	13,5	0,1319	97,6	13,5	2445,9*	549,8*	338,4
Капуста білокачанна	42,0	14,5	0,0778	46,6	14,5	974,4	371,1**	303,2

Примітка. \* – максимальне значення; \*\* – мінімальне значення.

Таблиця 4

**Характеристики харчових продуктів,  
що заморожуються у флюїдизованому шарі**

Продукт	Маса одиниці продукту, г	Діаметр одиниці продукту, мм	Щільність продукту, кг/м <sup>3</sup>	Насипна щільність шару, кг/м <sup>3</sup>	Порозність шару
Вишня	2,6–3,5	16–19	1020 ... 1040	560	0,56
Горошок	1,18	7–9	1020	750	0,55
Полуниця:					
дрібна	5,2	< 20	900	630	0,71
середня	8,5	20–30	900	560	0,64
крупна	14,9	> 30	900	560	0,64
Журавлина	0,7–1,0	7–10	930	500	0,55
Малина	4–5	16–19	1020	580	0,58
Смородина	0,5–1,2	6–11	1000	560	0,56
Слива	10–15	20	1030	640	0,64
Квасоля	1,8–2,2	14	950	660	0,70
Чорниця	1	7	1000	550	0,56

Таблиця 5

**Фізичні властивості сухого повітря**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c, \text{кДж/(кг}\cdot\text{K)}$	$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$\alpha\cdot 10^2, \text{м}^2/\text{с}$	$\mu\cdot 10^6, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\nu\cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\text{Pr}$
- 50	1,584	1,013	2,04	12,7	14,6	9,23	0,728
- 40	1,515	1,013	2,12	13,8	15,2	10,04	0,728
- 30	1,453	1,013	2,20	14,9	15,7	10,80	0,723
- 20	1,395	1,009	2,28	16,2	16,2	11,79	0,716
- 10	1,342	1,009	2,36	17,4	16,7	12,43	0,712
0	1,293	1,005	2,44	18,8	17,2	13,28	0,707
10	1,247	1,005	2,51	20,0	17,6	14,16	0,705
20	1,205	1,005	2,59	21,4	18,1	15,06	0,703
30	1,165	1,005	2,67	22,9	18,6	16,00	0,701
40	1,128	1,005	2,76	24,3	19,1	16,96	0,699
50	1,093	1,005	2,83	25,7	19,6	17,95	0,698

Таблиця 6

## Питома теплоємність і теплопровідність продуктів

Продукт	Питома теплоємність продукту, $c$ , кДж/(кг·К)		Теплопровідність продукту, $\lambda$ , Вт/(м·К)	
	охолодженого	замороженого	охолодженого	замороженого
Риба	3,64	1,90	0,53	1,19... 1,40
Птиця	3,18	1,55	0,41	1,30
Полуниця	3,85	1,75	0,48	1,11
Вишня	3,34	2,52	0,52	1,34
Журавлина	3,77	2,10	–	–
Персики	3,81	1,72	–	–
Фруктові соки	3,60... 4,00	2,00... 2,20	0,55	2,08
Смородина	3,77	2,10	–	–
Сливи	3,68	2,00	–	–
Огірки	4,06	2,05	0,53	1,25
Картопля	3,43	1,80	0,48	1,09
Цибуля ріпчаста	3,81	2,13	0,47	1,30
Буряк	3,77	2,01	0,63	1,12
Томати	3,85	1,92	0,60	1,40
Яйця	3,56	1,88	0,42	0,96
Морква	3,89	1,88	0,62	1,10
Яблука	3,72	1,82	–	–

Таблиця 7

## Ентальпійні харчових продуктів, кДж/кг

Температура, °С	Яловичина, птиця	Свинина	Риба	Яйця	Виноград, абрикоси, вишня	Інші плоди
1	2	3	4	5	6	7
-25	-11	-10	-12	–	-17	-14
-20	0	0	0	–	0	0
-18	5	5	5	–	9	7
-15	13	12	11	–	21	17
-12	22	21	24	–	38	25
-10	30	29	33	–	50	38
-8	39	35	42	–	76	56
-5	57	54	62	–	116	83
-3	75	73	86	227	202	139
-2	99	92	106	230	217	206
-1	185	170	200	234	233	268



Закінчення табл. 10

1	2	3	4	5	6	7
0	232	212	249	237	236	272
1	235	215	253	240	240	274
2	238	218	256	243	243	278
4	245	224	263	250	250	287
8	248	236	277	262	268	302
10	264	242	284	269	272	309
12	271	348	290	274	279	313
15	280	257	301	284	290	328
20	297	273	318	300	307	346
25	312	288	335	316	326	366
30	329	302	—	332	343	385
35	345	318	—	348	361	403
40	361	332	—	363	—	—

Таблиця 8

## Теплофізичні характеристики деяких риб і рибних продуктів

Риба, продукт	t, °C	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/(м·К)	C, Дж/(кг·К)
1	2	3	4	5
Акула (філе)	15	—	0,39	—
Ікра чорна зерниста	20	900	0,16	—
Ікра щуки	10	1100	0,55	4000
Кальмар	15	1061	0,83	3575
Короп зеркальний	15	987	—	—
Котлетна маса із фаршу мінтаю	15	1020	0,93	—
Ляц (філе)	15	1060	0,47	—
Лосось (філе)	15	980	0,5	3517
Марлін (філе)	15	—	—	3600
Мідії чорноморські	15	600*	—	2203
Мінтай вялений	15	760	0,12	1420
Морський окунь	15	—	—	3600
Морський окунь мrożений	-10	—	—	3980
Окунь (філе)	15	—	—	3517
Осетра (філе)	15	1060	0,43	3645
Пікша	15	—	—	3725
Пікша (філе)	15	—	—	3460
Пікша (філе)	1	—	0,47	3830

Закінчення табл. 8

Пікша морожена	-10	—	—	1020
Риба копчена	20	—	—	2930
Риба мокрого посолу	20	—	—	3180
Риба сухого посолу	20	—	—	1706
Сазан (спинка)	15	—	—	3660
Сазан (філе)	15	1060	0,44	3726
Сайда (філе)	15	—	—	3475
Сайра (філе)	15	—	—	3475
Оселедець (філе)	15	1054	—	—
Оселедець гарячого копчення	20	—	—	2970
Оселедець холодного копчення	20	—	—	3187
Скумбрія (філе)	15	—	—	3760
Сом	15	933	—	3430
Судак	15	930	0,43	3670
Судак вялений	15	761	0,13	—
Судак морожений (філе)	-8	—	1,09	—
Тріска (філе)	15	1052	0,47	3580
Треска вялена	15	—	—	1340
Тріска морожена	-10	—	—	4230
Тунець (філе)	5	—	0,5	—
Тунець (філе)	0	—	0,58	—
Фарш минтая	10	940	0,67	—
Фарш минтая (морожений брикет)	-7	920	—	—
Хек вялений	15	760	0,12	—
Щука вялена	15	760	0,12	1380

Таблиця 9

## Хімічний склад основних промислових риб

Продукт	Вода	Жири	Білки	Зола	Енергетична цінність	
					кДж	кКал
Горбуша	70,6	21,0	7,0	1,4	615,5	147,0
Жерех	77,5	18,8	2,6	1,1	414,5	99,0
Зубан	71,9	20,3	6,5	1,3	586,2	140,0
Зубатка пятниста	79,0	14,7	5,3	1,0	448,0	107,0
Камбала далекосхідна	79,7	15,7	3,0	1,6	376,8	90,0
Карась	78,9	17,7	1,8	1,6	364,3	87,0
Короп	77,4	16,0	5,3	1,3	468,9	112,0
Льодяна	80,5	15,5	2,7	1,3	360,1	86,0
Ляц	77,7	17,1	4,1	1,1	439,6	105,0
Макрель	74,5	20,7	3,4	1,4	473,1	113,0
Макрурус	85,0	13,2	0,8	1,0	251,2	60,0
Мероу	76,5	19,4	2,9	1,2	435,4	104,0
Минтай	81,9	15,9	0,9	1,3	301,4	72,0
Навага далекосхідна	82,2	15,1	0,9	1,8	288,9	69,0
Налим	79,3	18,8	0,6	1,3	339,1	81,0
Нототенія мармурова	74,6	14,8	9,5	1,1	607,1	145,0
Окунь морський	77,1	18,2	3,3	1,4	431,2	103,0
Палтус чорний	70,2	12,8	16,1	0,9	820,6	196,0
Простипома	77,9	19,6	1,1	1,4	368,4	88,0
Путасу	81,3	16,1	0,9	1,7	305,6	73,0
Риба-шабля	75,2	20,3	3,2	1,3	460,5	110,0
Салака	74,7	17,7	6,3	1,3	535,9	128,0
Сардина океанічна	69,2	19,0	10,0	1,8	690,8	165,0
Скумбрія атлантична	67,5	18,0	13,2	1,3	799,7	191,0
Сом амурський	70,4	16,5	11,9	1,2	724,3	173,0
Ставрида океанічна	74,9	18,5	5,0	1,6	498,2	119,0
Судак	79,2	18,4	1,1	1,3	351,7	84,0
Терпуг	77,6	17,8	3,4	1,2	431,2	103,0
Тріска	82,1	16,0	0,6	1,3	284,7	68,0
Хек	80,0	16,6	2,1	1,3	355,9	85,0
Щука	79,3	18,4	1,1	1,2	351,7	84,0

Таблиця 10

## Фізичні властивості продуктів рослинного походження

Продукт	Вміст вологи, %	Кріоскопічна температура, °С	Питома теплоємність, кДж/(кг·К)		Питома теплота льодоутворення в продукті, кДж/кг
			свіжого	замороженого	
Плоди					
Черешня	83,0	-1,8	3,64	1,88	280,73
Персики	86,9	-1,0	3,77	1,92	284,92
Груші	82,7	-1,6	3,60	1,88	272,35
Яблука	84,1	-1,5	3,64	1,88	280,73
Чорниця	82,3	-1,4	3,60	1,88	276,54
Малина	84,1	-0,7	3,64	1,88	272,35
Чорна порічка	84,7	-1,0	3,68	1,88	280,73
Слива	85,7	-0,8	3,68	1,88	284,92
Полуниця	89,9	-0,85	3,85	1,88	297,49
Журавлина	87,4	-0,9	3,77	1,92	289,11
Вишня	73,1	-3,51	3,34	2,52	-
Овочі					
Стручкова квасоля	88,9	-0,8	3,81	1,96	297,49
Зелений горошок	75,8	-0,9	3,56	-	-
Цвітна капуста	91,7	-0,8	3,89	1,96	305,87
Капуста	92,4	-0,9	3,93	1,96	305,87
Морква	88,2	-1,5	3,77	1,92	293,30
Огірки	96,1	-0,5	4,06	2,05	318,44
Перець	92,4	-0,8	3,93	1,96	305,87
Помідори	94,7	-0,6	3,98	2,01	310,07
Картопля фрі	77,8	-0,7	3,43	1,80	259,78

Таблиця 11

Кількість вимороженої води, % від її загального вмісту в рибі

Температура, °С	Пікша	Тріска	Морський окунь	Щука	Судак
-1	9,7	8,0	12,6	–	–
-5	79,6	76,7	77,8	80,0	–
-10	86,7	84,3	84,6	87,0	84,5
-15	89,2	87,4	87,2	89,0	–
-18	90,1	88,4	88,2	–	–
-20	90,6	89,0	88,8	91,0	89,0
-30	92,0	90,3	89,9	92,0	90,0
-40	92,2	90,5	90,0	–	–

Таблиця 12

Значення теплопровідності (у Вт/(м·К))  
для різноманітних харчових продуктів

Продукт	Свіжий стан	Заморожений стан
Полуниця	0,48	1,11
Вишня	0,52	1,34
Фруктові соки	0,55	2,08
Огірки	0,53	1,25
Картопляне поре	0,48	1,09
Яловичина	0,45...0,50	1,09...1,59
Свинина		
жирна	0,37	0,72
м'ясна	0,49	1,56
Тріска філе	0,53	1,19–1,40
Яйце	0,42	0,96

**НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ**

**ШУТЮК Віталій Володимирович  
БЕССАРАБ Олександр Семенович  
ДУЩАК Ольга Вячеславівна  
ЄМЦЕВ Віктор Іванович**

## **ХОЛОДИЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

*В авторській редакції  
Комп'ютерна верстка авторів*