

ЛЕКЦІЯ

ТЕМА: ВИКРИСТАННЯ ХОЛОДУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ МОЛОКА ТА МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

ПИТАННЯ:

1. Охолодження та заморожування молока й молочних продуктів
2. Зберігання молочних продуктів.
3. Зміни, що відбуваються при холодильній обробці та зберіганні молока
4. Сублімаційне сушіння харчових продуктів.

ЛІТЕРАТУРА :

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

1. ОХОЛОДЖЕННЯ ТА ЗАМОРОЖУВАННЯ МОЛОКА ТА МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

Для виробництва, транспортування, зберігання та реалізації *молока і молочних продуктів* необхідна обов'язкова присутність холоду.

Молоко являє собою середовище, сприятливе для життєдіяльності мікроорганізмів, у тому ж разі і патогенних. Однак присутність у свіжонадоїному молоці бактерицидних речовин запобігає їх розвитку. Термін дії цих речовин називають *бактерицидною фазою*.

Тривалість бактерицидної фази залежить від кількості бактерій, які потрапили у молоко, від швидкості охолодження та температури зберігання. Залежність бактерицидної фази від температури зберігання наведена в таблиці 1

Таблиця 1.- Тривалість бактерицидної фази

Температура молока, °С	0	5	10	25	30
Бактерицидна фаза, години	49	35	24	6	3

Для зберігання початкових властивостей і продовження бактерицидної фази молоко *фільтрують та охолоджують відразу ж після доїння до 2...10°С. Температуру* до якої охолоджують молоко *вибирають в залежності від часу, який проходить від кінця охолодження молока на фермі до доставки його на завод*. Якщо цей час не перебільшує 6 годин, то молоко охолоджують до 10°С, якщо 12 годин – до 8°С, а якщо 24 години – до 5°С.

Охолодження молока на фермах

Найпростіший спосіб охолодження молока у *флягах* – занурення їх в басейн, який заповнений льодоводяною сумішшю. Порожні фляги встановлюють в басейни, які частково заповнені холодною водою, закріплюють їх, а потім в басейни закладають лід, відкривають фляги та заповнюють їх молоком.

Для збирання, охолодження та зберігання великої кількості молока на фермах широко використовуються *ванни та резервуари (герметичні та негерметичні)*, які входять до складу охолоджуючих установок різних конструкцій. *Перевагами* цього способу охолодження є : мінімальні втрати молока. *Недоліками*: періодичність дії, високі енергетичні витрати, низький коефіцієнт тепловіддачі охолоджуючих пристроїв.

Час охолодження молока на таких установках від температури 34°С до 4°С становить 1...2 години.

Охолодження молока на молочних підприємствах

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 і т.д. Охолодження необхідно також при виготовленні закваски, вершкового масла та сиру.

При виробництві *цільномолочної продукції* для охолодження молока використовують головним чином *пастеризаційно – охолоджувальні установки, ванни та резервуари*.

З пастеризаційно – охолоджуючих установок найбільше розповсюдження отримали **пластинчасті**. Вони складаються з декількох секцій різного призначення: для пастеризації, для регенерації теплоти, для охолодження. Тепло – або хладоносій та продукт звичайно подаються протитоком, рухаються назустріч один одному по суміжним каналам та міжпластиновим зазорам.

Ванни або резервуари, в яких виконують охолодження, складаються із внутрішньої судини та двостінного зовнішнього корпусу. В простір між судиною та корпусом подається охолоджена вода, всередині судини є лопатева мішалка.

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 с повітряним охолодженням – термостатах**. **Температура охолодження та дозрівання встановлюється** у необхідних для певного продукту межах: для кефіру – 8°C , простокваші – 0°C , сметани – $3...5^{\circ}\text{C}$ і т.д.

Сир (творог) охолоджують в різних охолоджувачах. Найбільш розповсюдженим є теплообмінний апарат з охолоджуючою циліндричною поверхнею барабана, в якому передбачена рубашка 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 ножом.

При потоковому виробництві сиру використовуються двоциліндрові, трубчасті або пластинчасті охолоджувачі.

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. Лінійна швидкість кристалізації зі зниженням температури спочатку зростає, потім в деякому інтервалі температур залишається постійною, далі починає знижуватися.

Таким чином, при виготовленні масла способом перетворення високожирних вершків, сутність процесу маслоутворення полягає в перетворенні фаз жирової емульсії типу М/В (масло у воді) в емульсію В/М (вода в маслі) шляхом інтенсивної термомеханічної обробки високожирних вершків. Вершки охолоджуються при контактуванні з охолодженою стінкою апарата під час продавлювання їх насосом через масло утворювач.

Процес маслоутворення із високожирних вершків умовно розподіляють на наступні стадії:

- **охолодження високо жирних вершків** до температури початку кристалізації основної маси гліцеридів молочного жиру ($22...23^{\circ}\text{C}$), при цьому продукт залишається емульсією жиру в плазмі молока;
- **дестабілізація жирової емульсії та кристалізація гліцеридів** при одночасному подальшому охолодженні та інтенсивному перемішуванні продукту починається при досягненні високо

жирними вершками температури 22°C ; швидкість охолодження під час цієї стадії в декілька разів нижча, ніж на першій стадії

- утворення первинної структури масла в зоні масової кристалізації відбувається при зниженій температурі ($12...16^{\circ}\text{C}$).

Високожирні вершки поступають у апарат з температурою $60...70^{\circ}\text{C}$, а температура масла на виході із апарату $13...16^{\circ}\text{C}$. Швидкість охолодження в апараті становить $0,2^{\circ}\text{C}/\text{с}$; Охолодження апарату виконується за допомогою розсолу, який має температуру на вході мінус $2...мінус 3^{\circ}\text{C}$, на виході не вище 0°C .

При виготовленні масла **методом збивання вершків** охолодження використовується під час **низькотемпературної підготовки вершків** до збивання (фізичного дозрівання). Мета цієї операції - перевести частину молочного жиру в твердий стан.

Традиційна низькотемпературна обробка підготовка вершків до збивання містить два етапи:

- швидке охолодження вершків зі швидкістю біля $2^{\circ}\text{C}/\text{с}$ до температури масової кристалізації гліцеридів (нижче $4...6^{\circ}\text{C}$);
- витримку при цій температурі протягом $5...20$ годин.

При **охолодженні вершків** в жирових кульках утворюються центри кристалізації та відбувається часткове затвердіння гліцеридів. В **процесі тривалої витримки вершків** кристалізація гліцеридів в окремих жирових кульках триває. При цьому, поряд зі зменшенням міцності ліпопротеїнових оболонок жирових кульок відбувається утворення нових структурних зв'язків між твердими частинками, які утворилися, а також часткове виділення із жирових кульок вільного рідкого жиру та злипання жирових кульок.

При виготовленні **твердих сичужних сирів** холод використовується при **солінні та дозріванні**.

Соління сирів виконують в соляних басейнах, температура в яких підтримується на рівні $8...12^{\circ}\text{C}$. Температуру розсолу знижують, пропускаючи його крізь пластинчасті або трубчасті охолоджувачі.

Дозрівання сирів виконують в камерах дозрівання, в яких за допомогою повітроохолоджувачів встановлюють постійну температуру $12...15^{\circ}\text{C}$, а в кінці процесу її знижують до $10...12^{\circ}\text{C}$. Для зниження усихання сирів в камерах підтримується підвищена вологість повітря.

ЗАМОРОЖУВАННЯ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

Із **молочних продуктів** найчастіше заморожують масло, сир (творог), 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°C – трьох рядів, при $5...8^{\circ}\text{C}$ – двох, при 8°C та вище – одного.

Холодильна обробка масла вважається закінченою, якщо в моноліті на глибині $6...8$ см температура продукту не перевищує -12°C .

2.ЗБЕРІГАННЯ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

На зберігання **молоко** поступає в пастеризованому або в сирому вигляді. Кислотність молока повинна бути не вище: пастеризованого в пляшках або пакетах – 21 °Т, пастеризованого у флягах або цистернах – 22 °Т.

Приміщення для зберігання молока повинні бути захищеними від сонячних променів, та мати добру вентиляцію. Фляги та ящики з молоком в камерах зберігання розташовують на дерев'яних решітках, що розміщуються на відстані 20 см від стін камери. **ВВП – 80%**. При температурі 8 °С воно зберігається не більше 20 годин. Дуже важливо, при зберіганні не допускати підморожування молока. Тому що при розморожуванні повільно замороженого молока утворюється вільна жирова фаза та випадають пластівці білку.

Для збереження якості **кисломолочних продуктів** їх необхідно зберігати в охолоджену стані (при температурі 4...6 °С) з миті виробництва до реалізації. На зберігання та реалізацію приймаються лише продукти високої якості з температурою не вище 8 °С. Кисломолочні продукти при зберіганні слід захищати від заморожування, яке негативно впливає на їх якість.

Граничні терміни зберігання кисломолочних продуктів наведені в таблиці 2.

Таблиця 2.- Граничні терміни зберігання охолоджених кисломолочних продуктів

Найменування продукту	Термін зберігання	
	При температурі 0...6°С	При температурі вище 20°С
Простокваша, кефір, ацидофілін, ацидофільне молоко та паста	24	Реалізації не підлягає
Сметана	72	24
Сир жирний та знежирений	36	12
Сиркова маса	36	12

Сметану, упаковану в бочки, фляги та бідони зберігають при температурі 0...-2°С та ВВП 80...85% до 4 місяців. Підморожування сметани не допускається, тому що це веде до денатурації білку.

Сир (творог), буде піддаватися тривалому зберіганню (до 6 місяців) заморожують, а потім зберігають при температурі -12... -18 °С в залежності від жирності.

Тверді сири зберігають в камерах холодильників з **батареєю та повітряною системою охолодження**. В першому випадку циркуляція повітря природна; в другому – швидкість руху повітря підтримують не більше 0,4 м/с. Сири, за виключенням розсільних, зберігають при температурі повітря 0...-4°С та ВВП 85...90%.

Сири в тарі (ящиках, барабанах) укладають партіями в штабеля, між рядами прокладають рійки або використовують пакетне укладання з використанням піддонів. Між двома штабелями ящиків та піддонів залишають прохід шириною 0,5м.

Сири розсільні зберігають у бочках з розсолем, які розташовують на решітках у три яруси. Їх не рекомендують зберігати у одній камері з іншими сирами.

Під час зберігання контролюють температуро-вологосний режим: температуру перевіряють не менш 2 разів на добу, ВВП – один раз за добу. Крім того постійно контролюють стан та якість сирів, дотримуючись наступної періодичності огляду: при температурі $0...4^{\circ}\text{C}$ – через кожні 7 діб; при температурі $-4...0^{\circ}\text{C}$ – через кожні 10 діб; розсільні сиру – щомісяця.

Підвищення температури та вологості при зберіганні веде до прогіркання, утворення неприємного запаху, пліснявіння сирів.

Плавлені сири зберігають при температурі $0...4^{\circ}\text{C}$ та ВВП 80...85%, або при $0...3^{\circ}\text{C}$ та ВВП 85...90%.

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. Терміни зберігання вершкового масла в монолітах наведені в таблиці 3.

Таблиця 3.- Терміни зберігання вершкового масла в монолітах

Вид вершкового масла	Термін зберігання (міс.), при температурі повітря		
	-12	-15	-18
Солодковершкове			
несолене	9	10	12
солене	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

Терміни зберігання **вершкового масла, яке отримало при оцінюванні запаху та смаку 39...40 балів** скорочуються на 2...3 місяця. **Масло з оцінкою 37...38 балів** зберіганню не підлягає.

Масло вершкове, розфасоване у вигляді брусків зберігають при температурі -12°C 5 діб(в пергаменті), 15 діб (в фользі). ВВП при зберіганні масла 85...90%. Масло топлоне у бочках та флягах зберігають при температурі $-6...-12^{\circ}\text{C}$ – 3 місяці, -12 та нижче – 6 місяців.

Забороняється зберігання масла з іншими продуктами, які мають сторонні запахи.

Морозиво усіх видів зберігають при температурі не нижче -18°C , тому, що при температурі -12°C активізується 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 $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Морозиво на зберігання поступає упакованим в контейнери, гільзи або коробки, які в камерах зберігання укладаються в штабеля. При укладанні в

штабель коробок, для уникнення деформації морозива слід ураховувати міцність картону, з якого виготовлені коробки. Норма завантаження на 1 м³ вантажного об'єму камери морозивом, що упаковане в картонні коробки становить від 170 до 230 кг, дрібно фасованого в контейнерах – 330 кг, вагового у гільзах – 210 кг.

Терміни зберігання морозива наведені у таблиці 4.

Таблиця 4.- Зберігання морозива

Морозиво	Термін зберігання, міс
Молочне:	
вагове	1
фасоване	1,5
Вершкове	
вагове	2
фасоване	2
Пломбір	
вагове	3
фасоване	2
Плодово-ягідне ароматичне	1,5

Морозиво з наповнювачами зберігається декілька гірше, тому терміни зберігання його менші.

Лабораторія підприємства повинна постійно перевіряти якість морозива, що зберігається. Температура морозива, яке поступає на реалізацію, та при зберіганні в торгівельній мережі повинна бути не вище – 12 °С. Норма усихання морозива при тривалому зберіганні становить на 12 добу зберігання 0,16%, на 100 добу зберігання – 1,78%.

Термін зберігання **згущених консервів** в герметичній тарі - при температурі 0...10°С та ВВП 85% - 12 місяців, в негерметичній – 8; какао та каву із згущеним молоком та цукром – 6 місяців.

3. ЗМІНИ, ЩО ВІДБУВАЮТЬСЯ ПРИ ХОЛОДИЛЬНІЙ ОБРОБЦІ ТА ЗБЕРІГАННІ МОЛОКА

При тривалому зберіганні **молока**, або його транспортуванні відбуваються зміни майже усіх складових частин та його властивостей.

Більш значним змінам піддаються жири та білки, менш – вітаміни та солі.

Зміни жирів

При зниженні температури **жир переходить в твердий стан**, в результаті чого **підвищується щільність та в'язкість** молока.

В процесі зберігання та транспортування молока порушується структура оболонки жирових кульок та відбувається **гідроліз жиру** під дією нативних та бактеріальних ліпаз – **ліполіз**. Ліполіз жиру веде до **прогіркання** молока.

При зберіганні молока в умовах низьких температур **бактеріальні** ліпази відіграють невелику роль у ліполізі, тому що кількість мікроорганізмів при цьому недостатня.

Під дією **нативних** ліпаз може виникати **два види** ліполізу:

- **спонтанний** ліполіз – відбувається при охолодженні молока, здатного до прогрівання; при цьому плазміна ліпаза зв'язується з оболонками кульок та викликає їх гідроліз;
- **індуційований ліполіз** – виникає при порушенні оболонок кульок в процесі отримання та обробки з одночасною активацією ліпази. Цьому сприяють наступні фактори: порушення техніки машинного доїння (неправильне встановлення молокопроводів, збільшення їх діаметру, попадання повітря в систему та ін.).

Сильне **порушення оболонок кульок** та підвищення активності ліпаз **обумовлено інтенсивним механічним впливом** на молоко при транспортуванні, а також багаторазове перемішування та переливання в процесі зберігання при низьких температурах. **Наприклад**, при **транспортуванні** молока на відстань 100 км у цистернах зі ступеню наповненості 100, 75, 50 % сприяє підвищенню вмісту вільних жирних кислот відповідно на 5, 12 та 20%. Вміст ВЖК в молоці в кінці першої доби **зберігання** при 3...5 °С збільшується в середньому на 30 %, к кінцю другої – на 50 %.

Прогрілого смаку та сторонніх запахів (кормових, мильних, рибних) **молоко набуває** при концентрації ВЖК більше 20 мг %. **Молочні продукти**, що виготовленні з такого молока **мають вади** смаку та запаху.

Зміни білків

При зберіганні сирого охолодженого молока відбувається **розпад (протеоліз)** білків, викликаний дією **нативних** протеїназ молока або **протеїназами сторонньої мікрофлори**.

Нативні протеїнази молока мають специфічну дію по відношенню до β -казеїну та пов'язані вони, головним чином, з міцелами казеїну, і лише невелика їх кількість знаходиться у плазмі. При низьких температурах (3...5 °С) відбувається перехід β -казеїну та протеїназ із міцел казеїну у плазму молока, в результаті чого під дією ферментів β -казеїн розпадається на γ – казеїн та компоненти протеозо – пептонової фракції.

Протеїнази бактерій впливають на казеїн подібно нативним протеїназами.

Таким чином, при тривалому зберіганні молока збільшується кількість γ – казеїну та протеозо – пептонової фракції, що **негативно впливає на** сичужну згортаємість молока, синеретичні властивості згустку, термостійкість молока та інші технологічні властивості.

Зміни вітамінів та солей

При зберіганні та транспортуванні молока не спостерігається помітного зниження кількості **вітамінів**. Виключення становить **вітамін С**. При зберіганні молока протягом 2 діб він руйнується на 18 %, а протягом 3 діб – на 67 %. Загальні втрати вітаміну С при зберіганні та транспортуванні молока можуть становити 50 % та більше.

В процесі зберігання може відбуватися перерозповсюдження форм **мінеральних солей**. Молоко з порушеною солевою рівновагою при стерилізації згортається.

Властивості частково **замороженого молока** після короткочасного зберігання при розморожуванні відновлюються. В молоці, яке зберігалось в

замороженому вигляді тривалий час, *можуть бути пластівці білку*, що повністю не розчиняються при відтаюванні. При концентрації білку в незамерзлій частині ймовірність стикання його часток збільшується. При достатній концентрації солей (електролітів) заряд з часток білку знімається. В результаті таких змін білок коагулює.

Молоко, з високим початковим вмістом білку та солей змінюється при тривалому зберіганні в замороженому вигляді *сильніше*.

При повільному заморожуванні одночасно відтає і жир, замерзла вода концентрується у периферії та інші частини молока розповсюджуються нерівномірно.

При швидкому заморожуванні молока тонкими шарами при температурі нижче -22°C властивості його майже не змінюються навіть при трьохмісячному зберіганні. При такому способі замерзає уся вода. Концентрованого розчину молочного цукру та солей при цьому не утворюється та властивості білків не змінюються.

Під час зберігання у *вершковому маслі* відбуваються складні фізичні, хімічні, біохімічні та мікробіологічні зміни. Ці зміни залежать від:

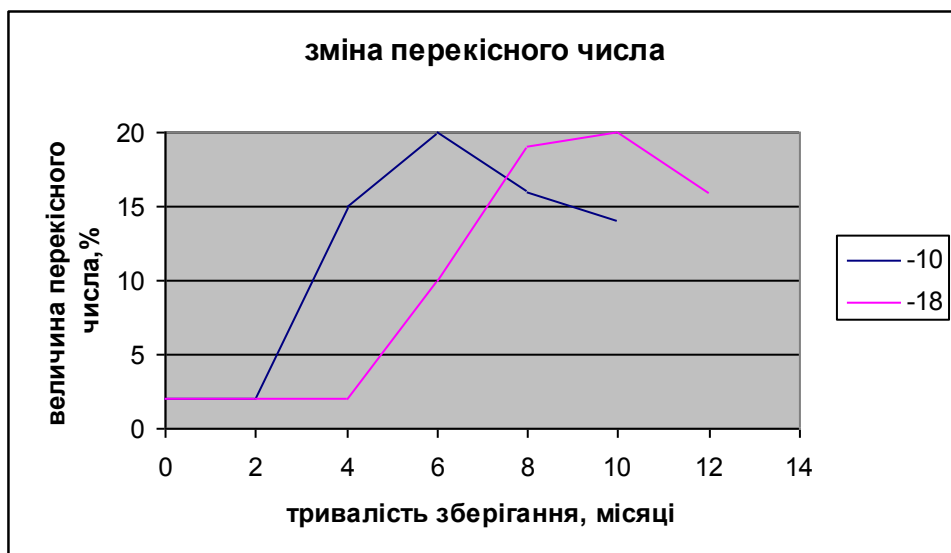
- температури
- хімічного складу молочного жиру (низькомолекулярні насичені та ненасичені жирні кислоти)
- кількості води та її дисперсності (зі збільшенням ступеню дисперсності плазми стійкість масла збільшується)
- термінів виготовлення масла (влітку в маслі більше міститься природних антиоксидантів та ін. біологічно активних речовин)
- типів упаковки (газопроникливості)

Основними процесами є *гідроліз та окислення молочного жиру*.

Гідроліз супроводжується утворенням вільних жирних кислот (ВЖК). В залежності від ступеню насиченості та молекулярної маси ці кислоти можуть викликати *зміни якості масла*: погіршується смак та запах.

Чим нижче температура, тим повільніше гідроліз. Але в маслі можуть бути *відхилення*, тому що при зниженні температури активність ліпаз збільшується в області від -2 ... -10°C . Тому при зберіганні масла в умовах температур -10°C кількість ВЖК більше, ніж при зберіганні при більш високих температурах. При зниженні температури до -18°C в залежності від виду масла процеси можуть уповільнюватися або прискорюватися. *Наприклад*, у Вологодському - уповільнюються, у шоколадному – прискорюються.

Гідроліз супроводжується *окисленням*. Це основний процес, який викликає псування. Гальмується він при зниженні температури зберігання. *Первинним продуктом окислення* є перекисні та гідроперекисні сполуки. На початку зберігання їх кількість мінімальна, подальше накопичення залежить від присутності антиоксидантів. *Перекисне число* (рисунок 1) в початковий період зберігання постійне потім починає зростати. Ріст його залежить від гатунку масла, присутності антиоксидантів та температури.



По мірі зберігання масла починається **вторинне окислення**, яке супроводжується утворенням кетонів та альдегідів, яке і викликає значне погіршення якості масла.

Якість масла залежить від вмісту води. Чим більше води – тим гірше масло.

Солоне масло (солодковершкове та кисловершкове), а також **несолоне кисло вершкове** з кислотністю плазми **вище 35 °T** недоцільно зберігати тривалий час.

Вершкове масло можуть виробляти в **дрібно фасованому вигляді**. Фасують вершкове масло, яке зберігалось не більше 3...4 місяців при температурі не вище -18°C . Перед фасуванням масло відтеплюють при температурі 10...15 діб протягом 3...5 діб. Саме тому, тривалість зберігання фасованого масла не перевищує 20...30 діб при -18°C . **Стійкість масла збільшується** в 2...3 рази, якщо його фасування виконують відразу ж після виготовлення.

При зберіганні неупакованого масла утворюється **штафф**. Це поверхневий шар який має більш жовте забарвлення. Його утворення пов'язано з

- окисленням масла, в результаті чого утворюється перекисні та карбоксильні сполук;
- мікробіальне псування;
- випаровування води з поверхні продукту.

Швидкість утворення штаффу велика (при -10°C вже через 10 діб).

Крім того, при зберіганні масла відбувається **осалювання** масла. Воно пов'язано з глибоким окисленням, в результаті якого утворюються перекисні та полімеризовані сполуки. Масло втрачає колір.

4. СУБЛІМАЦІЙНЕ СУШІННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Сублімаційне сушіння вологомистких харчових продуктів — спосіб консервування, який заснований на видаленні води із замороженого продукту під вакуумом.

Вода з заморожених продуктів видаляється шляхом сублімації льоду, тобто в результаті безпосереднього переходу льоду в пару, мінаючи рідку фазу. Процес

сублімації, який здійснюється у природних умовах, дуже повільний. У промислових сушильних установках збільшення інтенсивності сублімації льоду звичайно досягається шляхом зниження тиску над матеріалом, тобто **сублімаційне сушіння виконується під вакуумом**.

Таким чином, у цьому методі, що передбачається спочатку заморожування вологого матеріалу, а потім його висушування в замороженому стані, тобто поєднуються два способи консервування. При цьому не тільки зберігаються, але і примножуються **переваги обох способів**: при заморожуванні небажані зміни продуктів мінімальні; подальше сушіння, яке виконується шляхом сублімації кристалів льоду, що утворилися в міжклітинних просторах продукту, зберігає мікроструктуру, склад і властивості останнього незмінними.

Завдяки цьому продукти, висушені методом сублімації, різко відрізняються від продуктів, підданих консервуванню іншим способом: вони зберігають незмінним початковий об'єм, легко поглинають вологу при обводнюванні, причому якість продукту після сублімаційного сушіння (колір, запах, живильні властивості, вміст вітамінів і т.д.) зберігається майже повністю.

Продукти, зневоднені методом сублімації, являють собою білкові концентрати. В них майже повністю зберігаються незамінні амінокислоти, мало змінюється аромат та колір.

Висушування в замороженому стані під вакуумом приводить до зменшення маси продуктів від 75 до 90 % у порівнянні з первинною; упаковані належним чином такі продукти можуть тривалий час зберігатися в звичайних складських умовах без псування (температура і вологість не регулюються).

Сублімаційне сушіння має наступні переваги:

- виключається необхідність холодильного зберігання: продукти можуть тривалий час зберігатися при позитивних температурах, в результаті чого знижується вартість зберігання;
- значно зменшується маса продуктів після сушіння і, таким чином, знижуються витрати на вантажно-розвантажувальні роботи і транспортування продуктів;
- спрощується система реалізації продуктів (їх можна реалізовувати у торговельних точках, що не мають холодильних установок);
- подовжуються терміни реалізації;
- для продажу таких продуктів можна широко використовувати торговельні автомати і т.д.

Періоди процесу сублімаційного сушіння

Процес **сушіння можна умовно розділити на три періоди:**

- **1 період - самозаморожування**, починається з моменту надходження продукту, призначеного для сушіння, у камеру субліматору. Швидке зниження тиску в субліматорі викликає інтенсивне випаровування води з поверхні продукту і приводить до його замерзання. Тривалість першого періоду становить 4—6 % повного часу сушіння, а кількість води, що видаляється — 10—20 % загальної її кількості. Під вакуумом заморожують такі продукти, як м'ясний фарш, варене подрібнене м'ясо і сир. При заморожуванні під вакуумом м'яса в

шматках на поверхні продукту утворюється ущільнений шар, який утрудняє обводнювання висушеного продукту. При заморожуванні під вакуумом фруктових соків, пюре, деяких видів ягід і фруктів відбуваються значні фізико-хімічні і структурні зміни властивостей продуктів. Такі продукти заморожують у камерах при атмосферному тиску або в морозильних апаратах, а потім поміщають у камеру субліматору.

- **2 період – власне сушіння сублімацією**, починається після досягнення залишкового тиску 133,3 Па (близько 1 мм рт. ст.). До замороженого продукту підводять теплоту ззовні, у результаті чого лід сублімує. В сублімаційних установках теплота до продукту підводиться головним чином теплопровідністю й інфрачервоним випромінюванням (у лабораторних умовах випробувані методи нагрівання продуктів за допомогою струмів високої частоти, безпосереднім впливом газоподібних теплоносіїв). Тривалість другого періоду становить 50—60 % повного часу сушіння, а кількість вологи, що видаляється - 40-50%. Харчові продукти досить високої якості можуть бути отримані при порівняно низьких температурах сублімації: від —10 до —30 °С.
- **3 період** сушіння відповідає видаленню залишкової вологи при позитивних температурах продукту. Припустимий рівень температури продукту в період видалення залишкової вологи визначається властивостями продукту і тривалістю всього процесу сушіння. У залежності від властивостей харчових продуктів і тривалості процесу сушіння припустимий рівень температур матеріалу в період видалення залишкової вологи знаходиться в межах 40—80 °С. Тривалість третього періоду становить 30—40 % повного часу сушіння, а кількість вологи, що видаляється - 20-30 % загальної її кількості.

Сублімаційне сушіння м'яса

У якості сировини використовують яловичину, баранину, свинину в свіжому або вареному вигляді.

Процес виробництва складається з наступних операцій:

- 1. Приймання і зачищення м'ясних туш**
- 2. Розбирання пів туш**
- 3. Обвалення та жилювання м'яса**
- 4. Підготування м'яса до сушіння**

Жиловане м'ясо укладають у форму так, щоб м'язові волокна розташовувалися по можливості в одному напрямку. Форму перед заповненням м'ясом вистилають усередині полімерною плівкою таким чином, щоб її кінцями можна було покрити блок сировини.

М'ясо у формах надходить у морозильні камери або в морозильні апарати, де заморожується при температурі не вище —20 °С. Заморожені блоки м'яса, обгортають в полімерну плівку, витягають з форми і поміщають у камери схову.

Тривалість зберігання м'яса до сушіння при температурі -18°C не повинна перевищувати 3 місяців.

Блоки м'яса розрізають на шматки в приміщенні, температура повітря в якому $-5\ldots-7^{\circ}\text{C}$, за допомогою стрічкових пилок, дискових ножів або пристроїв типу гільйотини. Розріз необхідно виконувати під прямим кутом до напрямку м'язових волокон, а товщина всіх шматків повинна бути однаковою. Шматки м'яса щільно (без зазору) укладають в один шар на листи. При цьому в зони, в яких необхідно вимірювати температуру вводять температурні датчики.

5. Сублімаційне сушіння м'яса

Листи зі шматками м'яса завантажують у камеру субліматору, після чого підключають температурні датчики.

Після завантаження листів з м'ясом негайно включають вакуум-насоси. Під час завантаження, герметизації і вакуумування камери повинна бути виключена можливість підвищення температури поверхні продукту за межі $-2\ldots-4^{\circ}\text{C}$. При досягненні в камері субліматору залишкового тиску близько 133,3—200 Па (1—1,5 мм рт. ст.) включають систему тепловідведення.

Сушіння виконують при наступних режимах: тиск 66,65—200 Па (0,5—1,5 мм рт. ст.); температура продукту в період сублімації $-15\ldots-20^{\circ}\text{C}$; температура продукту в період видалення залишкової вологи $45\ldots55^{\circ}\text{C}$; температура холодильного агента в конденсаторі - виморожуваче $-35\ldots-45^{\circ}\text{C}$. Видалення 75—80 % вологи повинне здійснюватися при температурі в центрі продукту нижче криоскопічної. Рівень припустимого вмісту вологи в м'ясі встановлюють з урахуванням наступних умов його зберігання. У випадку зберігання м'яса при підвищених температурах вміст вологи, не повинен перевищувати 2—3 %. Таким самим повинен бути вміст вологи висушеного м'яса, якщо його будуть зберігати при температурі $18\text{—}20^{\circ}\text{C}$ понад 6 місяців.

6. Пакування

Висушене м'ясо упаковують у пакети з полімерних матеріалів в приміщенні з вологістю повітря не більш 30%. Потім з тари видаляють повітря, заповнюють її азотом і герметизують.

Особливості технології виробництва м'ясного фаршу сублімаційним сушінням полягає в тому, що м'ясо після жилювання подрібнюється на вовчках. У випадку сублімаційного сушіння формованого фаршу подрібнене м'ясо набивають в оболонку або укладають у форми.

Після заморожування формований фарш подрібнюють на шматки встановленої товщини. При необхідності допускається використання блоків мороженого м'яса. Подрібнювати морожене м'ясо і розкладати фарш на листи необхідно при низьких температурах.

При сублімаційному сушінні **вареного м'яса** процесові зневоднювання передують теплова обробка. Шматки м'яса можна варити у воді, або за допомогою гострої пари, або запікати. До охолодженого подрібненого вареного м'яса перед сушінням можна додавати бульйон після видалення з нього часток тканини і жиру і розігрівання. Попередньо заморожувати варене м'ясо необов'язкове. При сублімаційному сушінні вареного м'яса температура продукту на стадії видалення залишкової вологи може підвищуватися до 80°C .

Сублімаційне сушіння сиру

Для сублімаційного сушіння використовують жирний або знежирений сир вищого ґатунку.

Сир подрібнюють на вовчках, з діаметром отвору решітки 8—12 мм, і укладають на листи. Перед завантаженням у камеру субліматору у визначених зонах продукту встановлюють температурні датчики. Після завантаження камери субліматору включають вакуум-насоси і після досягнення в ній залишкового тиску 200 Па (1,5 мм рт. ст.) і заданої негативної температури продукту включають нагрівачі.

Сушіння виконують при наступних режимах: тиск у системі 66,65—133,3 Па (0,5—1,0 мм рт. ст.), температура сиру в процесі сублімації не вище —10 °С, у період видалення залишкової вологи не вище 40 °С при сушінні жирного сиру і не вище 60 °С при сушінні знежиреного. При негативній температурі центральної зони продукту повинне бути видалено не менш 70 % вологи від її загальної кількості. Масова частка вологи у висушеному продукті не повинна перевищувати 3 %. Висушений сир негайно упаковують у багатошарову полімерну тару. З упаковки видаляють повітря і вводять у неї інертний газ.

Сублімаційне сушіння молока

Для сублімаційного сушіння використовують цільне або знежирене молоко. Перед сушінням його концентрують у вакуум-апаратах при температурі 20—25 °С доти, поки масова частка сухих речовин не досягне 30—40%.

Заморожують молоко в ребристих чанах. Перспективне заморожування молока в процесі його розпилення.

Сублімаційне сушіння виконують при залишковому тиску 6,66—266,6 Па (0,05—2,0 мм рт. ст.), кінцева температура продукту становить близько 50 °С, масова частка залишкової вологи — 2 %. Упаковують висушене молоко в середовищі азоту в герметичну тару.

Сублімаційне сушіння яйця продуктів

Методом сублімаційного сушіння консервують суміш яєчного білка і жовтка, яєчний білок і яєчний жовток окремо.

Яйця, які надходять на переробку ретельно перевіряють на доброякісність. Після розбивання яєць яєчну масу фільтрують. Для видалення деяких видів вуглеводів профільтовану яєчну масу піддають ферментації препаратами глюкозооксидази і каталази з додаванням перекису водню. Тривалість ферментації залежить від температури. Ферментація яєчної маси при 4 °С триває 16 годин, при більш високих температурах тривалість ферментації скорочується до 5—5,5 годин. Після цього в яєчну масу вводять стабілізатор для запобігання руйнування жирової емульсії жовтка і суміш гомогенізують.

Перед заморожуванням гомогенізовану яєчну суміш розливають на листи. Температура заморожування —23...—30 °С. Умови заморожування повинні бути такими, щоб орієнтація кристалів льоду була вертикальною. У цьому випадку забезпечується оптимальний режим видалення парів води з яєчної маси. Температура продукту на заключному етапі сушіння не повинна перевищувати 40—50 °С. Висушений продукт подрібнюють і просівають, після чого упаковують у герметичну тару.