Робоча професія «Апаратник стерилізації консервів»

Викладач: Кравець А.В.

Група К-31

***ЛЕКЦІЯ №1-4***

***ТЕМА 1.* Мікробіологічні та теплофізичні основи теплової стерилізації**

***Основні терміни:*** 1)формула стерилізації, 2)категорія летальності, 3)стерилізація, 4)пастеризація, 5)гаряче фасування, 6)тиндалізація, 7)дробова теплова стерилізація, 8**)**субстерилізація, 9**)**промислова стерильність, 10)летальний час, 11)ступінь стерильності, 12)ротаційні апарати, 13)ротамати.

# Параметри процесу стерилізації

Консервування харчових продуктів за допомогою ***теплової стерилізації*** полягає в тому, що продукт, укладений в герметично закупорену консервну тару, піддається протягом певного часу нагріванню. Теплова обробка здійснюється в загальних рисах наступним чином:

1. консервні банки завантажують у стерилізаційний апарат, в якому поступово підвищують температуру до визначеного рівня;
2. необхідну температуру підтримують протягом певного часу;
3. температуру поступово знижують, після чого простерилізовані банки вивантажують з апарату.

## Параметри процесу стерилізації

* 1. **температура** у стерилізаційному апараті;
  2. **час** протягом якого консерви піддаються нагріванню;
  3. **тиск**, який іноді використовується для створення необхідної температури стерилізації.

**Температура** і **час** є ***мікробіологічними параметрами***, оскільки саме вони визначають загибель м/о. Недотримання цих параметрів приводить до виникнення різних видів біологічного браку консервів (газоутворення з бомбажем – тобто підняттям кришок, пліснявіння тощо), які виявляються через декілька днів, а іноді й тижнів після стерилізації. Параметри процесу стерилізації для різних консервів різні (таблиця 1.1).

**Таблиця 1.1.** Параметри процесу стерилізації

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Консерви | Тип банки | tстерилізації, оС | τ стерилізації, хв |
| 1. Перець фарширований | І-82-500 | 120 | 90 |
| 2. Сік винограднтй | І-82-500 | 85 | 55 |
| 3. Компот з вишень | І-82-1000 | 100 | 70 |

**Тиск** не впливає на знищення м/о і є чисто ***фізичним параметром*** процесу. Проте його так само точно потрібно дотримуватись, як і перших двох параметрів, інакше також з'являється виробничий брак продукції. Відмінність даного браку від біологічного полягає тільки в тому, що він

виявляється одразу після закінчення процесу стерилізації і вивантаження банок з апарату.

Якщо процес стерилізації проводять при температурах вище 100°С, то в апараті необхідно за допомогою насиченої водяної пари створювати відповідний тиск, без якого неможливо одержати потрібну температуру стерилізації. У багатьох випадках стерилізацію доводиться проводити під тиском, величина якого перевищує пружність гріючої пари, необхідної для забезпечення заданої температури стерилізації. Цей додатковий «надпаровий» тиск створюють «холодним» шляхом, за допомогою стисненого повітря або води. Так роблять тоді, коли внутрішній тиск, який виникає в тарі при стерилізації, загрожує викликати незворотну деформацію жерстяних банок або зірвати кришки з горловини скляних банок. Цей внутрішній тиск слід врівноважити зовнішнім, не підвищуючи температури гріючого середовища в апараті.

Мікробіологічні параметри процесу стерилізації умовно записують у вигляді режиму (формули) стерилізації, вид якого залежить від умов і техніки стерилізації. **Формула стерилізації** – це запис проведення процесу стерилізації із зазначенням температури і часу на кожен етап стерилізації. Вона умовно записується так: (1.1)



де (над рискою вказується тривалість всіх етапів стерилізації в хвилинах, під рискою температура стерилізації в градусах).

А – час прогрівання (час рівномірного підвищення температури до заданої температури стерилізації);

В – час стерилізації (деякий час, коли температура підтримується на постійному рівні);

С – час охолодження (час повільно зниження температури до моменту охолодження);

Т – температура стерилізації.

***Наприклад***. Для консервів «Ікра баклажанна» у скляній півлітровій тарі формула стерилізації має вигляд:

25−50−25

120 0С

Режими стерилазіції, які використовуються для різних видів консервів, навіть при однакових значеннях А і С, відрізняються тривалістю В і температурою Т, що перешкоджає порівнянню їх стерилізуючої дії. У міжнародній практиці показником, який дозволяє кількісно оцінити мікробіологічну ефективність стерилізації, прийнята **категорія летальності 2** або **стерилізуючого ефекту**, під якою розуміють тривалість теплової обробки при постійній температурі, вибраній за еталон (Те). Одиниці вимірювання – ***умовні хвилини*** (ум.хв). Еталонною (базисною) температурою для мало кислотних консервів прийнята температура 121,1˚С, для кислотних – 80˚С. Летальність відповідно позначається символами *F* (*F* – ефект) і *А* (*А* – ефект – від слова «acid» – кислий). Розглядають і розраховують дві величини летальності – нормативну (теоретичну) і фактичну (дану).

# . Вибір температури стерилізації

Усі харчові продукти, які консервуються, є добрим поживним середовищем для розвитку тих чи інших мікроорганізмів, і в кожній консервній банці до моменту надходження її на стерилізацію присутні мікроби. Проте не у кожному продукті м/о можуть розвиватися в однаковій мірі добре. Мікроби дуже чутливі до ***активної кислотності*** того середовища, в якому вони знаходяться. Більшість м/о погано розвиваються в кислих середовищах, але добре в малокислотних, деякі ж, навпаки, добре розвиваються саме в кислих середовищах. Тому псування різних харчових продуктів викликається тільки тими мікробами, які при даній кислотності можуть розвиватися, і, отже, тип мікробного псування залежить від хімічної природи продукту.

Більшість м/о у кислому середовищі не тільки погано розвиваються, але й погано переносять дію високих температур, швидко гинуть при нагріванні. І навпаки, у малокислотних продуктах мікроорганізми є термостійкими, часто переносять багатогодинне кип'ятіння. Тому малокислотні харчові продукти, в яких м/о термостійкі, слід стерилізувати при високих температурах, а для кислотних консервів можна обмежитись більш помірною температурною обробкою. Отже, ***вибір температури стерилізації визначається активною кислотністю.***

Критерій оцінки кислотності харчових продуктів базується на реакції, на кислотність найнебезпечнішого збудника псування ***Clostridium bоtulinum***. Його спори широко розповсюджені у природі (грунт, вода), тому вони легко можуть потрапити у консервну банку з погано промитою сировиною, тарою, допоміжними матеріалами. Відомо 7 типів збудників ботулізму (А, В, С, D, Е, F, G), однак найбільш небезпечними для консервної промисловості є збудники типів А і В, які мають високу термостійкість. На відміну від збудників токсин ботулізму нетермостійкий і 20-30-хвилинне нагрівання при 80оС повністю руйнує його.

За мірою активної кислотності продукти класифікують на групи (таблиця

1.2).

**Таблиця 1.2.** Характеристика продуктів за кислотністю

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид продукту | рН | tстерилізації, оС | Приклади консервів |
| 1. Кислотні | <4,2 | 75-100 | плодово-ягідні консерви,  джеми, варення, соки |
| 2. Малокислотні | ≥4,2 | 112-120  (125-130) | рибні, м'ясні, молочні та овочеві  консерви |

Проте дана класифікація ускладнюється цілим рядом виключень. **Наприклад**, ***томатний сік***, який раніше зараховували до кислотних продуктів (рН в межах 4,0...4,5), виявився середовищем у якому при визначених умовах розвивається і дає токсиноутворення ***С.botulinum***. Тому, починаючи з 1973 р., стерилізація томатного соку проводиться так, як і для більшості консервів другої групи в тарі за режимами при 120°С. ***Абрикосовий сік***, який характеризується високою кислотністю (рН 3,8-3,9) також виявляється сприятливим продуктом для розвитку збудників ботулізму. Тому консерви із абрикосів рекомендують стерилізувати при 110°С або при 100°С, але значно довше.

Згідно з Інструкцією про порядок санітарно-технічного контролю консервів, всі консерви, які виготовляються в Україні, в залежності від величини рН і вмісту СР поділяють на групи (таблиця 1.3).

**Таблиця 1.3.** Групи консервів

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Група | рН | Консерви |
| **А.** | ≥4,2 | Овочеві, м'ясні, м'ясорослинні, риборослинні та рибні консервовані продукти з нелімітованою кислотністю, виготовлені без додавання кислоти; згущені стерилізовані  молочні консерви |
| **Б.** | ≥4,2 | Консервовані томатопродукти: неконцентровані (томати,  томатні напої) та концентровані (томатні соуси, паста) |
| **В.** | 3,7-  4,2 | Концентровані слабокислі овочеві маринади, салати,  вінегрети |
| **Г.** | <3,7 | Консервована квашена капуста, овочеві маринади, соки,  компоти, пюре, фруктові консерви |
| **Д.** | >4,2 | Пастеризовані м'ясні та м'ясорослинні консервовані  продукти |
| **Е.** | ≤3,7 | Пастеризовані газовані фруктові соки та напої |

## Різновиди теплової обробки

1. **Стерилізація** – це загальний термін, який означає теплову обробку консервів, що проводиться з метою знищення мікробів при будь-яких

температурах. У вузькому розумінні стерилізація – це теплова обробка консервів при 100оС і вище.

1. **Пастеризація** – це стерилізація, яка проводиться при температурі нижче 100оС
2. **Гаряче фасування** – це окремий випадок пастеризації, термічна обробка кислотних продуктів до і в момент фасування у велику тару (≥3 дм3), яка забезпечує одержання промислово стерильних клонсервів за рахунок високої температури фасованого продукту та довільного остигання.
3. **Тиндалізація** або повторна (багатократна) стерилізація (пастеризація**)** – полягає в повторній стерилізації двічі або тричі з інтервалами між стерилізацією 20-28 годин при температурі 18-20 оС. При першому варінні гине більша частина м/о, але деяка частина м/о стають спорами. Під час періоду між варіннями спори проростають і утворюють вегетативні клітини, що гинуть при наступних варіннях. Також тиндалізацію проводять для збереження кращої консистенції харчових продуктів.
4. **Дробова теплова стерилізація** – це новий варіангт повторної стерилізації, запрпонований для консервів із гідробіонтів. Він передбачає двостадійну обробку при традиційній температурі з проміжною витримкою продукту між варками протягом 1,5 і 0,5 год відповідно при температурі від 30 до 50 оС. Дозволяє зменшити теплове навантаження на продукт.
5. **Субстерилізація** – це процес неповної стерилізації, в результаті якої

отримують ***напівконсерви*** (температура зберігання 0-5 оС) та ***¾ консерви*** (потребують пониженої температури зберігання, не вище 15оС). Така термічна обробка забезпечує загибель неспороутворюючої мікрофлори і зменшення кількості спорових м/о.

Загалом, у процесі стерилізації необхідно досягти не абсолютної, а

**промислової стерильності9**, при якій у консервах повинні бути:

***відсутніми*** збудники псування харчових продуктів або патогенні і токсигенні форми;

***можуть зустрічатись*** м/о, які не здатні розвиватись і викликати псуванні консервів у звичайних умовах зберігання (температура 0-20 оС, термін 2 і більше років).

# Вибір часу стерилізації

Час, необхідний для знищення мікроорганізмів при даній температурі, називається **летальним** або **смертельним часом**. Це поняття є умовним і використовується для зручності обговорення процесу загибелі м/о, оскільки повністю знищити всі спори м/о при тепловій обробці у вологому середовиищі не можливо.

Якби при завантаженні банок у стерилізаційний апарат необхідна температура стерилізації створювалась одразу і одночасно по всій масі консервів, то установлений капілярним методом **летальний час** при даній температурі і був би необхідним загальним часом стерилізації для консервної банки.

Проте, температура створюється не одразу і не по всьому об’єму. Центральна частина консерви починає стерилізуватися значно пізніше ніж периферичні шари. Саме тому ***центральна частина*** консерви є найсприйнятливішою для виживання м/о. Враховуючи це, **летальний час** відраховують починаючи з моменту досягнення заданої температури стерилізації в центрі банки, а не від початку завантаження банки в стерилізаційний апарат.

Отже, **загальний час стерилізації** (τзаг) буде складатись з:

* ***часу прогрівання*** – проникнення тепла в центр банки та досягнення в центрі банки необхідної температури (τпрог);
* ***летального часу*** – час необхідний для знищення м/о в центрі банки починається з моменту досягнення в центрі заданої температури (τлет).

τзаг = τпрог + τлет (1.2)

Однак, такий підрахунок часу стерилізації незовсім вірний, оскільки м/о, які знаходяться в центрі банки, починають гинути при температурі смертельній для мікробів, а не в момент досягнення температури стерилізації. Тому, **загальний час стерилізації** (τзаг) буде меншим:

τзаг < τпрог + τлет (1.3)

Або правильніше, що **загальний час стерилізації** – це функція від часу прогрівання і смертельного часу:

τзаг = *f* (τпрог , τлет ) (1.4)

Для того, щоб вияснити від яких факторів залежить загальний час стерилізації, необхідно розглядати окремо фактори, які визначають час проникнення тепла в центр банки (теплофізичні) та смертельний час (мікробіологічні).

# Мікробіологічні фактори стерилізації

Летальний час залежить від таких факторів: температура стерилізації, хімічний склад консервів, вид та кількість м/о.

## Температура стерилізації

Визначеної температури, яка є смертельною для даного виду м/о не існує. Мікроорганізми можна знищити при різних температурах, починаючи приблизно від 600С. Все зводиться тільки відносно часу, який необхідний для цього. Таким чином, летальні умови для даного виду м/о не можна визначити однією лише температурою, а тільки визначеним поєднанням – ***температура***

* ***час***.

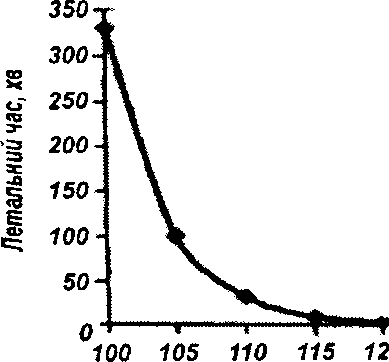
Залежність між летальним часом і температурою обернена, тобто з підвищенням температури стерилізації летальний час знижується. ***Наприклад***, відмирання спор ***С.botulinum*** більше 100 штамів при нагріванні характеризується наступними параметрами (фосфатний буферний розчин, рН 7,0, кількість спор 1012):

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура, оС | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 |
| Час, хв | 330 | 100 | 32 | 10 | 4 |

Як видно з наведеного прикладу, якщо температуру стерилізації підвищувати в арифметичній прогресії, то смертельний час буде зменшуватися у геометричній прогресії.

Якщо зобразити приведену залежність – ***час-температура*** для ***С.botulinum*** у лінійних координатах, то вийде наочна експоненціальна крива, яка ілюструє різке зменшення часу при відносно невеликому підвищенні температури (рис. 1.1). Здатність кривих летального часу випрямлятися при побудові в напівлогарифмічних координатах дає можливість характеризувати їх простими аналітичними виразами.

***0***



***Температура, оС***

**Рис. 1.1.** Залежність летального часу для С.botulinum від температури в лінійних координатах.

Збереження ***ферментів*** обмежує зниження часу стерилізації за рахунок підвищення температури. За результатами досліджень, при звичайній стерилізації, яка триває при помірних температурах досить довго, спочатку інактивуються ферменти, а потім вже гинуть м/о. Тому процес звичайної стерилізації «настроюють» по мікробах, справедливо вважаючи, що до того часу, як м/о будуть знищені, ферменти тим більше виявляться інактивованими. У випадку високотемпературної короткочасної стерилізації ферменти виявляються більш термостійкими, ніж м/о. Тому можливий випадок, коли знищення мікробів при даному режимі стерилізації буде забезпечене, ферменти ж через сильне зниження часу теплової обробки залишаються неінактивованими. Не дивлячись на стерильність ці консерви не будуть стійкими при зберіганні і можуть піддаватися ферментативному псуванню.

## Хімічний склад консервів

Навіть при певній температурі летальний час не є однаковий для м/о, що знаходяться у різних продуктах. ***Факторами навколишнього середовища***, що впливають на термостійкість м/о є:

1. ***Кислотність середовища*** (концентрація водневих іонів рН). Це найголовніший фактор. За даними **Баумгартнера**, максимальна термостійкість спороутворення бактерій проявляється у нейтральній області рН 6-7; по обидві сторони цієї області термостійкість швидко знижується. Максимальна термостійкість ***C.bоtulinum*** знаходиться між рН 6,3 і рН 6,9.
2. ***Природа кислоти***. Найбільш знепліднюючим впливом при одному й тому ж рН володіє молочна кислота. За нею йде яблучна, оцтова і лимонна.
3. ***Фітонциди*** (антибіотичні речовини рослинного походження). Час, необхідний для теплової стерилізації консервів, знижується при додаванні до них багатих фітонцидами овочів чи рослин: цибуля, часник, томати, перець, морква, білі коренеплоди, сухі прянощі, гірчиця. Іноді ефективнішим є додавання ***концентратів фітонцидів***. Наприклад, замість томатного соусу можна вносити у харчовий продукт фітонцидний концентрат томатів – ***томатін* (**або ***лікоперсіцин*)**. А замість гірчиці – ефірну алілгірчичну олію, яка дозволяє знизити тривалість стерилізації і навіть обійтись без теплової обробки.
4. ***Жири***. На відміну від кислот і фітонцидів, жири не знижують, а підвищують термостійкість м/о. Тому консерви, які містять жири необхідно стерилізувати довше, ніж ті, які їх не містять. Жир створює гідрофобні плівки навколо бактерій, не допускаючи до них воду і тим самим перешкоджає коагуляції білків. Термічна обробка мікробної клітини у таких умовах нагадує дію «сухого жару», до якого м/о більш стійкі ніж до «вологого».
5. ***Цукор*** і ***цукрові сиропи*** справляють захисний вплив на м/о при нагріванні. Це пояснюється тим, що в цукрових сиропах відбувається осмотичне витягування вологи з м/о, а саме понижений вміст вологи робить їх стійким до нагрівання.
6. ***Сіль***. Наявність солі в малих кількостях до 2,5%, також підвищує стійкість м/о до нагрівання, але вже при вмісті солі біля 8% летальний час значно знижується. У невеликих концентраціях сіль осмотично витягує вологу з мікробної клітини, як це відбувається в цукрових сиропах, і підвищує її стійкість до нагрівання. При підвищених концентраціях солі починає виявлятися електролітична висолююча дія натрій хлориду, в результаті чого схильність білків протоплазми до коагуляції зростає, а летальний час зменшується.
7. ***Середовище***. Для стерилізації консервів створюються умови нагрівання у вологому середовищі, яке має значний летальний ефект на м/о (на відміну від сухої пари).

## Вид та кількість м/о

Летальний час у значній мірі залежить від ***характеру мікрофлори***, здатної розвиватися в даному харчовому продукті, оскільки різні мікроби неоднаково переносять нагрівання. Якщо нагрівати різні мікроби при одній і тій самій температурі й однаковій кислотності середовища, то вегетативні клітини бактерій гинуть набагато швидше, ніж спори. Це пояснюється тим, що у спорах є мало вільної вологи, яка могла б взяти участь в процесі коагуляції мікробних білків. Крім того, спори мають щільну водонепроникну оболонку, яка не пропускає оточуючу вологу в середину.

Також важливе значення має ***кількість м/о.*** Чим більше м/о знаходиться в певному об’ємі продукту, тим більше часу необхідно для їх знищення. Така закономірність спочатку пояснювалася, тим що м/о відчувши наближення небезпечного фактора (в даному випадку температури) збираються у колонії до тих, які знаходяться в центрі колонії (температура проникає довше ніж до крайніх). Якщо спор мало, то колонії не утворюються і бактерії знищуються швидше. Пізніше виявилося, що дане твердження є неправильним і справа не в колоніях, а в закономірностях пов’язаних з кінетикою відмирання мікробних клітин при підвищених температурах.

Залежність між кількістю м/о до початку і після стерилізації описується рівнянням:

*Nk* 

*N* 0

10*k*

; (1.5)

, де Nk – кількість м/о накінець стерилізації; N0 – кількість м/о до початку стерилізації;

k – константа швидкості реакції, яка знаходиться в прямій залежності від агресивного характеру середовища в якому є м/о (від активної кислотності, вмісту фітонцидів, ступеня нестійкості даного виду м/о );

τ – час, необхідний для знищення м/о у діапазоні їх кількості від N0 до Nk. Таким чином, в зв’язку з логарифмічним характером загибелі м/о при нагріванні, повністю знищити їх при стерилізації неможливо. Ніколи число м/о шляхом теплової стерилізації (в межах існуючої техніки проведення цього процесу, тобто при нагріванні у вологому середовищі) не можна звести до нуля. Можна тільки зменшувати кількість спор при нагріванні, доводячи їх до однієї на тисячу, на десять тисяч, на мільйон і т.д. банок. Отже, можна говорити не про абсолютну стерильність, а тільки про певний **ступінь**

**стерильності (n)**, який визначається за формулою:

n = lg *N* 0

*Nk*

. (1.6)

Внаслідок цього, **летальний час** необхідно розуміти, не як час повного знищення м/о, а як ***час досягнення певного ступеня стерильності***.

# Теплофізичні фактори стерилізації

На час проникнення тепла в середину продукту впливають такі фактори:

* + фізичні властивості продукту;
  + фізичні властивості матеріалу тари;
  + початкова і кінцева температура продукту;
  + температура стерилізації;
  + стан спокою або рух банки при стерилізації.

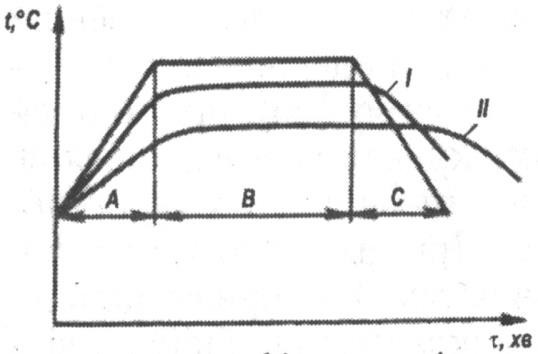
## Фізичні властивості продукту

Різні консерви значно відрізняються за своїми фізичними властивостями, тобто за густиною, щільністю, в’язкістю, в загальному ***за консистенцією***. В консервах з ***рідкою консистенцією*** (наприклад, фруктові соки) тепло передається за допомогою ***конвективних потоків***, тому в рідких продуктах конвекція здійснюється інтенсивніше і такі продукти прогріваються швидше ніж продукти густої консистенції, у яких ковекція ослаблена. У продуктах з ***густою консистенцією*** (наприклад, пасти, соуси, пюре, паштети) тепло передається ***кондуктивним способом*** і шляхом теплопровідності. Оскільки коефіцієнт теплопровідності харчових продуктів є невеликий, тому такі продукти прогріваються повільно.

Більшість консервів є ***неоднорідними*** за складом, тобто містять рідку і тверду фази (наприклад, плоди і цукровий сироп – компоти, овочі та розсіл – маринади). Для цих консервів характерні 2 ***способи передачі тепла***: конвекція

і теплопровідність, причому конвекційні струмені при нагріванні досить сильні. За інтенсивністю прогрівання ці продукти займають проміжне місце між рідкими і густими продуктами. Інтенсивність прогрівання зображають на спеціальних графіках прогрівання консервів, які будуються в координатах: температура – час стерилізації (рис. 1.2).

Ці графіки будуються таким чином: на ***горизонтальній осі*** відкладають ***тривалість стерилізації*** в хвилинах, починаючи з моменту пуску пари в автоклав і закінчуючи моментом повного охолодження апарату; на ***вертикальній осі*** – відповідно кожному проміжку часу ***температури стерилізації***, як в апараті, так і в глибині продукту. При цьому вимірювання температури продукту роблять у точці найгіршого прогрівання, яка для густих мас знаходиться поблизу геометричного центру банки, а для рідких – нижче центра.



**Рис. 1.2.** Графіки прогрівання консервів при стерилізації: І – крива рідких продуктів; ІІ – крива густих продуктів.

Таким чином, на графіку показані криві прогрівання автоклава і консервів. Крива прогрівання автоклава має вигляд трапеції:

А – температура апарату в період прогрівання (рівномірно підвищується до заданої температури стерилізації);

В – температура апарату в період власне стерилізації (ця температура деякий час підтримується на постійному рівні);

С – температура апарату в період охолодження (повільно опускається доти, поки охолодження можна буде вважати закінченим);

Хід температурної ***кривої автоклава*** прийнято називати режимом або **формулою стерилізації** (п.1.1). Температурна ***крива І*** рідкого продукту дещо відстає від трапецієподібної кривої автоклава. Найвища температура в банці досягається дещо пізніше ніж в апараті, а її рівень трошки нижчий температури стерилізації. ***Крива ІІ*** значно відрізняється від кривої прогрівання автоклава. Час досягнення найвищої температури в центрі банки наступає значно пізніше ніж в апараті, а рівень температури менший за температуру стерилізації. В обох кривих період охолодження наступає пізніше за охолодження апарата.

Для розрахунку прогрівання харчових продуктів користуються рівнянням термічної інерції:

τ = fh·lg[(Ta – Tn) / (Ta – Tk)] (1.7)

, де τ – час досягнення найвищої температури в глибині продукту; Та – температура апарату;

Тп – початкова температура продукту;

Тк – найвища температура, яка досягається в глибині продукту;

fh – константа, або постійна термічної інерції харчових продуктів при стерилізації. Чим більша fh, тим більший час потрібний для повного прогрівання продукту. Теплофізичний показник (fh) для рідких харчових продуктів є відносно невеликим (15-25 хв), для густих – значно більший (55- 90 хв).

***Наприклад***. У півлітровій тарі при 120оС стерилізується: а) буряковий сік (fh = 15хв), б) печінковий паштет (fh = 90хв). Початкова температура 60оС, найвища 118 оС. Розрахувати час досягнення найвищої температури продукту.

За формулою (1.7) знаходимо а) час досягнення найвищої температури бурякового соку (рідкий продукт):

τ = fh·lg[(Ta – Tn) / (Ta – Tk)] = 15·lg[120 – 60) / (120 – 118)] = 15·lg30 = 15·1,47 = 22хв.

За формулою (1.7) знаходимо б) час досягнення найвищої температури печінкового паштету (густий продукт):

τ = fh·lg[(Ta – Tn) / (Ta – Tk)] = 90·lg[120 – 60) / (120 – 118)] = 90·lg30 = 90·1,47 = 132хв.

Отже, фізичні властивості продукту (а саме їх термічна інерція) мають великий вплив на час проникнення тепла до центра банки.

## Фізичні властивості матеріалу тари

***Товщина матеріалу тари***. Перш ніж проникнути у продукт тепло має подолати термічний опір стінки тари, який залежить від товщини стінки тари та її теплопровідності. Він визначається за формулою:

σ = δ/λ, (1.8)

, де σ – термічний опір стінки тари; δ – товщина стінки тари;

λ – теплопровідність стінки тари.

Як видно з формули (1.8), термічний опір стінки банки буде тим більший, чим більша товщина стінки і менша теплопровідність.

***Наприклад***. Товщина стінок ***жерстяної тари*** дуже мала (0,0002- 0,0003м), а теплопровідність жерсті велика (47-52 Вт/(м·К)), тому термічний опір стінок жерстяної тари є невеликим. Товщина стінок ***скляної тари*** досить велика, майже в 10 разів більша за товщину металевої (2-6мм),

теплопровідність скла мала, майже у 80-90 разів менша, ніж теплопровідність металу (0,6-0,9 Вт/(м·К)), а тому термічний опір стінок скляної тари буде великим.

На практиці проводять порівняння термічного опору стінки консервної тари з термічним опором конкретного вмісту тари. Так, у ***рідкому продукті*** тепло поширюється шляхом конвекції, тому термічний опір цього продукту незначний; у ***густому продукті*** тепло поширюється шляхом теплопровідності, тому термічний опір продукту великий. Оскільки, кожен із цих продуктів може бути розфасований у скляну або жерстяну тару, то від співвідношення тари та продукту буде залежати й час проникнення тепла всередину продукту.

***Геометричні розміри тари***. Чим більші геометричні розміри тари, тим більше значення fh. **Ч.Болл** запропонував формулу, яка дає можливість за розмірами банок провести перерахунок величини fh для будь-якої тари:

*fh1*/ *fh2* = *K1*·*d12* / *K2*·*d22* (1.9)

, де *fh1* – відома постійна термічної інерції для даного експериментально перевіреного випадку з тарою, діаметр якої *d1*;

*fh2* – шукана постійна термічної інерції для іншої тари, діаметр якої *d2*;

*K1* і *K2 –* коефіцієнти для даних банок, величина яких визначається відношенням *h*/*d*, тобто відношенням висоти банки до до її діаметра. Значення коефіцієнта *К* для консервної тари знаходять за таблицею переведення (***наприклад***, якщо *h*/*d* = 1,0, то *К* = 0,280; якщо *h*/*d* = 1,1, то *К* = 0,296).

***Наприклад***. Для томатного соку в банці І-82-1000 *fh1* становить 80хв. Розміри цієї тари: діаметр 110мм, висота 150мм. Розрахуйте постійну термічної інерції *fh2* для банки І-82-3000, розміри якої: діаметр 162мм, висота 235мм.

За формулою (1.9) знаходимо постійну термічної інерції *fh2*: *fh2* = *fh1*·*K2*·*d22* / *K1*·*d12* = 80·*K2*·1622 / *K1*·1102:

*K2* = *h2*/*d2* = 235/162 = 1,45; за таблицею *K2* = 0,333; *K1* = *h1*/*d1* = 150/110 = 1,36; за таблицею *K1* = 0,324. Звідси, *fh2* = 80·0,333·1622 / 0,324·1102 = 180хв.

## Початкова і кінцева температура продукту

З рівняння термічної інерції (1.7) видно, що з підвищенням температури продукту до початку стерилізації зменшується і загальний час прогрівання. Особливо великий вплив має попереднє підвищення температури густого за консистенцією продукту, який характеризується високою термічною інерцією (ддя рідких – різниця невелика).

## Наприклад.

1. Прогріванню підлягає виноградний сік у 0,5 дм3 пляшці. Постійна термічна інерції 15хв. У першому варіанті сік фасують без підігрівання (20оС), в другому – з підігріванням (70оС). Температура стерилізації 100оС, а найвища температура в глибині продукту 95оС.

За формулою (1.7) знаходимо час прогрівання а)холодного соку (20оС), б)підігрітого соку (70оС):

а) τ = fh·lg[(Ta – Tn) / (Ta – Tk)] = 15·lg[100 – 20) / (100 – 95)] = 18хв.

б) τ = fh·lg[(Ta – Tn) / (Ta – Tk)] = 15·lg[100 – 70) / (100 – 95)] = 12хв. Різниця між а) і б) становить лише 6хв.

1. У тих же умовах стерилізують томатну пасту. Постійна термічна інерції 90хв.

За формулою (1.7) знаходимо час прогрівання а)холодної пасти (20оС), б)підігрітої пасти (70оС):

а) τ = fh·lg[(Ta – Tn) / (Ta – Tk)] = 90·lg[100 – 20) / (100 – 95)] = 108хв. б) τ = fh·lg[(Ta – Tn) / (Ta – Tk)] = 90·lg[100 – 70) / (100 – 95)] = 72хв. Різниця між а) і б) становить 36хв, що є досить суттєвим.

Разом з тим, чим вища температура продукту до початку стерилізації, тим менше у ньому буде м/о і наступний процес стерилізації буде проведений більш ефективно. Підвищення температури продукту впливає також на зменшення тиску в тарі при стерилізації.

З рівняння термічної інерції (1.7) видно, що з підвищенням найвищої температури продукту при стерилізації зростає загальний час, необхідний для досягнення кінцевої (найвищої) температури.

***Наприклад***. Стерилізації підлягає томатна паста у банці І-82-500. Константа термічна інерції 90хв. Температурні умови фасування і стерилізації наступні: Tn = 60оС, Ta = 100оС, а)Tk = 99оС, б) Tk = 98оС.

За формулою (1.7) знаходимо час стерилізації пасти:

а) τ = fh·lg[(Ta – Tn) / (Ta – Tk)] = 90·lg[100 – 60) / (100 – 99)] = 144хв. б) τ = fh·lg[(Ta – Tn) / (Ta – Tk)] = 90·lg[100 – 60) / (100 – 98)] = 117хв.

Якщо лише на 1оС знизити найвищу температуру, то різниця між а) і б) становить 27хв, що є досить суттєвим.

## Температура стерилізації

З рівняння термічної інерції (1.7), проводячи певні перетворення, випливає висновок: підвищуючи температуру стерилізації, можна одночасно чкоротити час прогрівання.

***Наприклад***. Рибні консерви у томатному соусі стерилізують при а)112оС, б)120оС, в)130оС в банці місткістю 350г. Константа термічна інерції 50хв. Початкова температура 50оС, найвища 110оС.

За формулою (1.7) знаходимо час стерилізації консервів:

а) τ = fh·lg[(Ta – Tn) / (Ta – Tk)] = 50·lg[112 – 50) / (112 – 110)] = 75хв. б) τ = fh·lg[(Ta – Tn) / (Ta – Tk)] = 50·lg[120 – 50) / (120 – 110)] = 43хв. в) τ = fh·lg[(Ta – Tn) / (Ta – Tk)] = 50·lg[130 – 50) / (130 – 110)] = 30хв.

Отже, підвищенням температури стерилізації можна різко скоротити тривалість теплової обробки на тому самому обладнанні, не вдаючись до його реконструкції. А найсприятливішою для якості є температура 130оС.

## Стан спокою або рух банки під час стерилізації

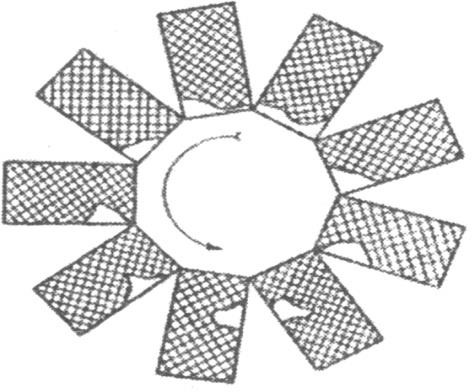
Більшість стерилізаційних апаратів, які використовуються в промисловості, побудовані таким чином, що банки під час стерилізації залишаються нерухомими. До таких апаратів відносяться ***автоклав періодичної дії*** – це вертикальний циліндричний котел, в який завантажують дірчасті циліндричні корзини з банками. Котел закривають кришкою подають гостру пару всередину і здійснюють процес по відношенню до нерухомих банок.

Існують стерилізаційні апарати безперервної дії, в яких банки знаходяться на рухомому конвейєрі і переміщаються через теплоносій (пару або гарячу воду), не змінюючи свого положення відносно транспортного органу. Але в деяких стерилізаційних апаратах банки під час стерилізації обертаються, іноді з доволі великою частотою. Під час обертання проходить перемішування вмісту банок, що значно пришвидшує їх прогрівання. До таких апаратів відносяться **ротаційні апарати**.

# Ротаційна стерилізація

В залежності від конструкції **ротаційних апараті**в банки під час стерилізації можуть обертатися:

1. навколо своєї поздовжньої осі;
2. навколо зовнішньої осі, тобто з денця на кришку. Цей спосіб є найефективніший (рис.1.3).



**Рис. 1.3.** Переміщення верхнього незаповненого прошарку в банці при обертанні її з «денця на кришку»

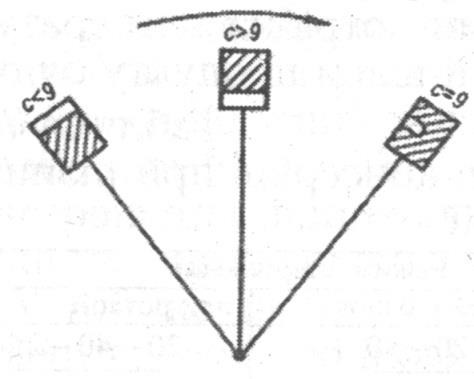
Як видно з рисунка, банка у процесі стерилізації перевертається, тобто у верхньому і нижньому положенні поперемінно знаходиться то верхня частина банки (кришка), то нижня (денце). Ротаційні стерилізаційні апарати, які працюють за принципом обертання з денця на кришку називаються **ротаматами.**

Ефект обертання в значній мірі залежить від частоти. Зі збільшенням частоти обертання ефективність перемішування вмісту банки зростає, але це відбувається лише до певної межі при досягненні якої ефект перемішування стабілізується, а при перевищенні цієї межі починає зменшуватися. Ефект перемішування обумовлений проходженням через продукт повітряної бульки (тобто повітря з незаповненого простору банки). При цьому в залежності від швидкості обертання можливі три варіанти (рис.1.4):

І. Відцентрова сила *с*, яка розвивається, перевищує гравітаційну силу *g*. У цьому випадку продукт притискається до верхньої частини банки, повітряний прошарок знаходиться внизу і перемішування не відбувається.

ІІ. Відцентрова сила виявляється меншою від гравітаційної сили, продукт у верхньому положенні банки знаходиться внизу, а повітря зверху. У цьому випадку перемішування теж відсутнє.

ІІІ. Відцентрова сила дорівнює гравітаційній. У цьому випадку повітряна булька проходить через товщу продукту і збирається десь в глибині. Цей варіант вважають найкращим по відношенню до ефективності перемішування.



**Рис. 1.4.** Вплив співвідношення між відцентровою і гравітаційною силами на перемішування продукту при ротаційній стерилізації

## Переваги ротаційної стерилізації

* 1. Дає можливість зменшити тривалість процесу.
  2. Покращує якість консервів (це пов’язане з рівномірнішим прогріванням консервів, тому що коли банка нерухома, то поки в центрі досягається необхідна температура, периферійні шари вже перегріті).
  3. Дозволяє збільшити об’єм банок (внаслідок великого об’єму тари при нерухомій банці тривалість стерилізації дуже велика, що погіршує якість консервів).
  4. Найкращий ефект досягається при ротаційній стерилізації пюрепродуктів та продуктів у великій тарі (3дм3).

## Недоліки ротаційної стерилізації

1. Не дає помітного ефекту для рідких продуктів (тут вимушена конвекція дуже мало підсилює природню). Дуже густі продукти не перемішуються при обертанні, тому теплообмін не відбувається.
2. Обертання може погіршити якість деяких продуктів (наприклад, зелений горошок – із зерен вимивається крохмаль, внаслідок чого рідка фаза мутніє).
3. При обертанні може пошкоджуватися рослинна тканина ніжних плодів та ягід, що веде до помутніння сиропів. Оскільки інтенсивне перемішування залежить від розміру повітряної бульки, тому необхідно строго контролювати ступінь наповнення банки запобігаючи перенаповненню.
4. Для кожної партії консервів необхідно експериментально встановлювати оптимальну частоту обертання.

**Запитання для самоконтролю**

1. Назвіть мікробіологічні параметри стерилізації.
2. Чому у деяких випадках з’являється третій параметр стерилізації?
3. Розшифруйте формулу стерилізації.
4. Від чого залежить вибір температури стерилізації?
5. Які є різновиди теплової обробки (стерилізації)?
6. Що таке летальний час? Як його визначають?
7. У залежності від яких факторів вибирають час стерилізації?
8. Яка існує залежність між температурою і часом стерилізації?
9. Як пов’язані хімічний склад консервів і летальний час?
10. Як впливає на летальний час вид та кількість м/о?
11. Для яких цілей використовують рівняння термічної інерції? Фізичний зміст константи fh.
12. Як впливають розміри і матеріал тари на тривалість прогрівання банок?
13. Як впливає початкова температура продукту на тривалість прогрівання? Як впливає кінцева температура в центрі продукту на тривалість стерилізації?
14. Як впливає на стерилізацію використання принципу обертання банок?
15. Які переваги має ротаційна стерилізація? Для яких продуктів її не використовують і чому?

***ЛЕКЦІЯ №5-8***

***ТЕМА 2.* Техніка теплової стерилізації**

***Основні терміни:*** 1)протитиск, 2)автоклав, 3)автоклавні сітки, 4)стерилізація з протитиском, 5)асептичне консервування.

# Тиск у консервній тарі при стерилізації

Основний фізичний параметр стерилізації ***тиск***, який створюється в апаратах закритого типу з метою запобігання фізичного браку консервів (деформація металевої тари, розгерметизація скляної) у техніці називається **протитиск**. Значення протитиску залежить від величини тиску, який виникає у консервній тарі при стерилізації.

Тиск у тарі при закупорюванні дорівнює атмосферному і складається з суми парціального тиску водяної пари (*Рв.п.*) і повітря (*Рп.*):

*Рв.п.* + *Рп.* = 0,1 МПа (2.1)

Під час стерилізації кожна зі складових змінюється і у найвищій, досягнутій у пароповітряному просторі температурній точці, пружність водяної пари підвищиться до *РІв.п.* , а парціальний тиск повітря – *РІп..* Таким чином, абсолютний тиск у тарі при стерилізації (*Рс*) становитиме:

*Рс* = *РІв.п.* + *РІп.* (2.2)

Величина *РІв.п.* функціонально пов’язана з величиною *Рв.п.* через рівняння для газів: *PV* = *RT*. Тоді ***абсолютний тиск*** в тарі буде визначатись за рівнянням:

*Рс* = *РІв.п.* + *Рп.*·(*V1T2 / V2T1*) (2.3)

, де *V1* – об’єм повітря при закупорюванні;

*V2* – об’єм повітря при стерилізації;

*T1* – температуру продукту при закупорюванні;

*T2* – температуру продукту при стерилізації.

Рівняння (2.3) є загальною формулою для розрахунку тиску в консервній тарі (металевій і скляній) при стерилізації, оскільки при його виведенні специфіка матеріалу тари не враховувалась.

У практичному ж відношенні має значення визначення не абсолютного тиску, а ***надлишкового***. Для стерилізації консервів в ***закритих автоклавах*** надлишковий тиск в апараті є зовнішнім по відношенню до тари (*Рн* = *Рс.* –*Ра*), у ***відкритих автоклавах*** атмосферний тиск повітря є зовнішнім по відношенню до тари (*Рн* = *Рс.* – 0,1). Надлишковий тиск в тарі при стерилізації у відкритих апаратах більший, ніж в закритих автоклавах на (*РІв.п* – 0,1), тобто залежить від рівня температури стерилізації.

На величину ***надлишкового тиску***, що розвивається у ***металевій тарі*** при стерилізації, переважно впливає температура продукту при фасуванні, а при стерилізації продукту у відкритих безперервно діючих апаратах потрібно враховувати і його температуру стерилізації. Головними факторами, від яких задежить ***надлишковий тиск***, що розвивається у ***скляній тарі*** при стерилізації є: температура продукту при герметизації, міра наповнення тари продуктом, коефіцієнт збільшення об’єму продукту при нагріванні, температура стерилізації.

Значне перевищення тиску в консервній тарі при стерилізації над тиском у стерилізаційному апараті може викликати залишкову деформацію металевих банок у вигляді здутих і не посаджених на місце кінців, утворених складок на периферії кінців, розривання їх по поздовжньому та закочувальному швах, зривання металевих кришок з горловини скляних банок, механічне биття скляної тари.

Для зменшення тиску в банці при стерилізації потрібно видалити з неї все повітря, тобто провести ***ексгаустування*** консервів. Лише після цього можна повністю усунути перевищення тиску в банці над тиском у стерилізаційному апараті. Ефективним засобом пониження надлишкового тиску в консервній тарі при стерилізації є ***теплове*** (проводиться нагріванням банок з продуктом до герметизації) та ***механічне*** (здійснюється шляхом герметизації банок на вакуум-заекпорюваотних машинах) ексгаустування.

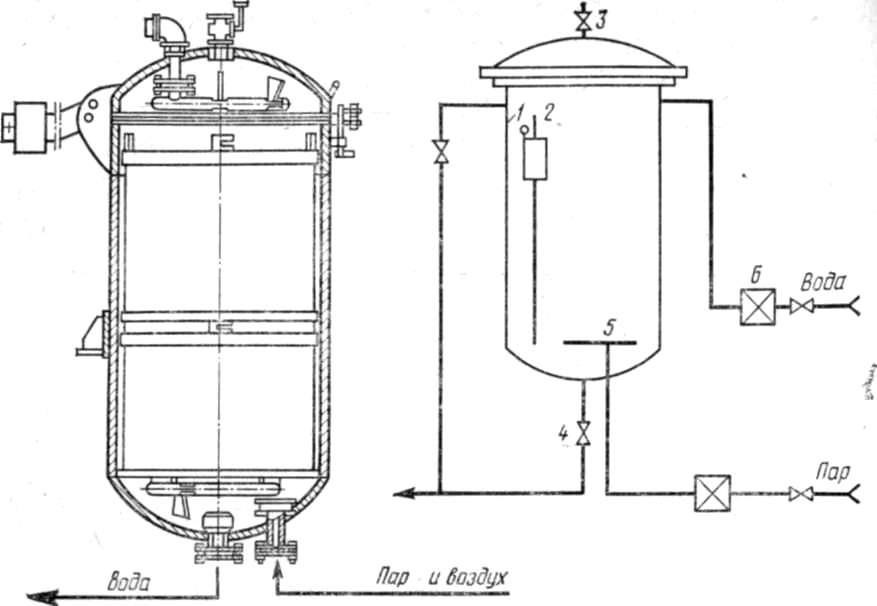
# Будова автоклаву

**Автоклав** – це найуніверсальніший стерилізаційний апарат, який дозволяє здійснювати стерилізацію за будь-яких умов під надлишковим чи атмосферним тиском, з використанням у якості гріючого середовища пари, води або пароповітряної суміші. Автоклав придатний для стерилізації консервів в скляній, жерстяній, полімерній тарі будь-яких розмірів і в алюмінієвих тубах. Розрізняють такі марки періодично діючих вертикальних автоклавів: Б6-КАВ-2 (2-корзинні), Б6-КАВ-4 (4-корзинні).

Автоклав представляє собою вертикальний циліндричний сталевий котел зі сферичним дном і кришкою (рис.2.1). Верхня частина автоклава обладнана зрівноважуючим пристроєм, який забезпечує її закривання і відкривання. Зрівноважуючий пристрій має один або два вантажі (противага), які забезпечують відкривання з відносно невеликим зусиллям.

Герметизація автоклава здійснюється швидкодіючим поясним байонетним затвором, який полегшує працю обслуговуючого персоналу і скорочує виробничий цикл стерилізації. Цей поясний затвор має ряд

секторних захватів (сегментів), закріплених на кільці з пружинної смужкової сталі, і важільну систему для стягування та роз’єднання затвору. Під час повороту важеля затвор стягує сегменти, які притискують кришку до корпусу автоклава. На кришці є ***продувний краник***, який служить для випуску повітря і пари з верхньої частини автоклаву. Під кришкою автоклаву встановлений кільцевий ***барботер*** для холодної води. На кришці автоклава знаходиться ***запобіжний клапан*** пружинного типу для випуску надмірного тиску з автоклава у тому випадку, якщо тиск у ньому перевищує норму (до 0,4 МПа).



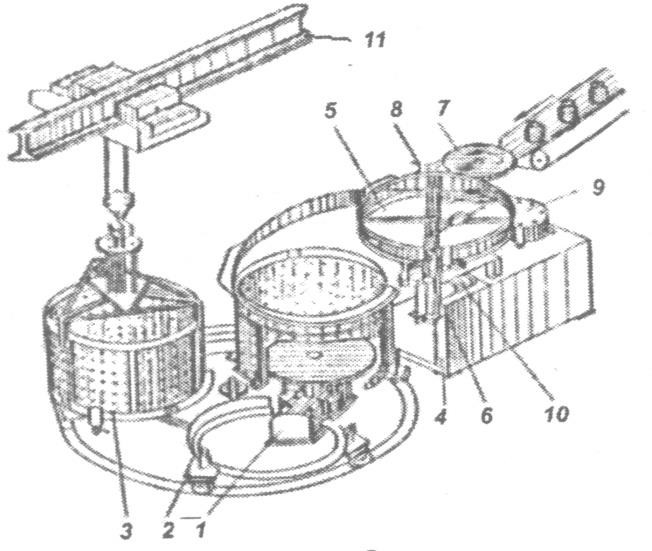
**Рис. 2.1.** Схема комунікацій вертикального автоклаву:

1 – корпус автоклаву; 2 – термометрична коробка з циркуляційною трубою; 3 – продувний краник; 4 – зливні вентилі; 5 – барботер; 6 – зворотний клапан; 7– запобіжний клапан.

До циліндричної частини автоклаву приварена ***камера*** (коробка), в якій встановлені термометр і манометр. Камера з’єднана циркуляційною трубою з нижньою частиною автоклаву. Така будова камери забезпечує надходження до неї води з різних місць автоклаву та відображення термометром середньої температури води в апараті. У середині автоклаву, в нижній його частині, є хрестовина або опори (кронштейни), на які ставлять корзини з банками. Нижче хрестовини встановлений кільцевий барботер для подачі пари або стиснутого повітря. Пара і повітря подаються знизу автоклаву, зливання води може проводитись зверху і знизу, подача води для охолодження – тільки зверху. Між автоклавом і патрубками знаходяться ***зворотні клапани***. Вони пропускають пару і воду в один бік – від патрубка до автоклава.

Банки, які потрібно простерилізувати, укладають в циліндричні дірчасті сталеві корзини – **автоклавні сітки**. Місткість однієї сітки близько 500дм3. Автоклави виготовляють на 2 або 4 корзини. Завантаження автоклавних сіток банками проводиться ***2 способами***:

1. ***ручне*** завантаження (укладання банок правильними концентричними кругами, рядок за рядком знизу вверх) і розвантаження;
2. ***автоматизоване*** завантаження і розвантаження (рис.2.2).



**Рис. 2.2.** Пристрій для завантаження і розвантаження автоклавних сіток: 1 – механічний підйомник; 2 – карусель; 3 – автоклавна сітка; 4 – станина;

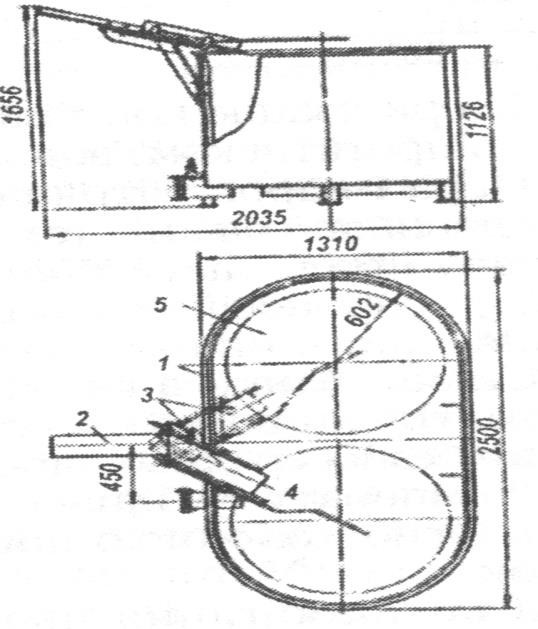
5 - стіл-накопичувач банок; 6 – пристрій для переміщення банок; 7 – приймальний диск; 8 – затвор; 9 – віджимний пристрій; 10 – привід; 11 – монорельс.

Для автоматичного завантаження використовують спеціальні корзини з рухомим дном, яке може переміщатися у вертикальному напрямку. Дно корзини встановлюється на одному рівні із поверхнею стола, де накопичуються банки. За допомогою особливого механізму банки автоматично зсуваються на дно корзини, яке потім опускається до рівня висоти банки. Зверху на банки кладеться металевий лист і наступний шар банок вкладається таким же чином до повного завантаження корзини. Коли сітки заповнені, їх завантажують в автоклав за допомогою електротельфера або мостового крану. Аналогічно проводять вивантаження сіток.

Найпростіший спосіб завантаження металевих банок в сітки – це завантаження з використанням ***«водяної подушки»***. При цьому способі пусту сітку за допомогою електроталі занурюють у ванну з водою (рис.2.3). Після закупорювання банки скочуються жолобом у воду, що запобігає їх деформації. При такому способі завантаження банки заповнюють сітку хаотично, навалом, через що втрачається приблизно 15% місткості корзини у порівнянні з упорядкованою укладкою банок концентричними кільцями. Коли сітка заповнена банками, її вивантажують з ємності з водою і завантажують в автоклав.

Для механізованого вивантаження жерстяних банок з автоклавних корзин їх подають до спеціального розвантажувача, який їх перекидає і банки висипаються у приймальну ванну, заповнену водою. Вода попереджує

утворення браку консервів тому, що пом’якшує удари падаючих банок і запобігає утворенню прим’ятин. Далі, проходячи конвейєром і через орієнтатор, банки виводяться з машини.



**Рис. 2.3.** Ванна для завантаження автоклавних сіток банками через

«водяну подушку»:

1 – ванна; 2 – конвейєр подає банки; 3 – поворотний пристрій для банок; 4 – направляюча; 5 – автоклавна сітка.

Місткість автоклаву по банках залежить від їх розмірів (таблиця 2.1).

**Таблиця 2.1.** Місткість автоклаву

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Місткість тари,  см3 | Кількість банок у  сітці | Кількість сіток | Маса консервів в  автоклаві, кг |
| 200 | 900 | 2 | 360 |
| 500 | 456 | 2 | 456 |
| 1000 | 224 | 2 | 448 |
| 3000 | 65 | 2 | 390 |

# Стерилізація в автоклавах

Залежно від того при якій температурі проводиться стерилізація і яка консервна тара застосовується, використовуються такі ***типи апаратів***:

1. **закриті** (стерилізація відбувається з використанням надлишкового тиску);
2. **відкриті** (стерилізація відбувається під атмосферним тиском).

Як правило, автоклав застосовують, як закритий тепловий апарат, але у деяких випадках його використовують ***як відкритий апарат***:

* + для стерилізації консервів в ***жерстяній тарі*** при температурі не вище 100ºС;
  + при стерилізації консервів фасованих у вузькогорлі ***скляні пляшки***, закупорені корончастими кришками (такі кришки міцно тримаються на горловині пляшок і при стерилізації протитиску непотрібно).

## Техніка стерилізації в автоклаві

1. ***Наповнення водою***. Автоклав заповнюють водою, яку нагрівають парою (через барботер) до температури дещо вищої від температури вмісту банок.
2. ***Завантаження***. Сітки з банками або пляшками завантажують в автоклав, продовжуючи подавати пару, доводять протягом певного часу температуру води до рівня стерилізаційної.
3. ***Власне стерилізація***. Автоклавні сітки витримують деякий час при температурі стерилізації.
4. ***Охолодження***. Охолоджуючу воду обов’язково подають зверху, тому що вона важча за нагріту і опускається на дно автоклава. При цьому проходить перемішування води, що усереднює температуру. Якщо холодну воду подавати знизу автоклава, мимовільного перемішування не проходить, вона поступово піднімаючись буде витісняти гарячу воду з автоклава, а досягнувши рівня банок, спричинить їхнє руйнування, через різкий перепад температур. Це особливо важливо для скляної тари.

Стерилізацію консервів проводять водяною насиченою парою, водою з протитиском, водою або повітрям і пароповітряною сумішшю. Пара і пароповітряна суміш можуть застосовуватися, як гріючі середовища, тільки у тому випадку, коли консерви фасують у ***металеву тару*** і стерилізують при температурі вище 100оС під тиском. Якщо ж так стерилізувати ***скляні банки***, то різка зміна середовищ приведе до 100% биття банок. У випадку коли гріючим і охолоджуючим середовищем є вода, зміна середовищ не проходить взагалі, а здійснюється тільки їх перемішування з поступовим охолодженням одного і нагріванням іншого. Таким чином, вода є буфером, що пом’якшує різкі температурні перепади, небажані й небезпечні для скла.

***Скляні банки*** стерилізують в автоклавах незалежно від температури тільки водою, підігрітою за допомогою пари (стерилізувати безпосередньо парою неможна). Пара, яка подається в автоклав має температуру 150ºС і при стиканні з відносно холодною поверхнею скла може статися термічний бій банок. Для запобігання биття банок необхідно, щоб температура гріючого середовища з самого початку дещо перевищувала температуру банки і підвищувалася поступово. Тому для стерилізації скляних банок пара використовується тільки як теплоносій, який передає своє тепло банкам через гріюче середовище – воду. Кількість тепла, необхідного для прогрівання води, більша, ніж для прогрівання банок.

Порівняльна характеристика стерилізації консервів у скляній та металевій тарі подана у таблиці 2.2.

**Таблиця 2.2.** Порівняння стерилізації у різних видах тари

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика | Металева тара | Скляна тара |
| 1. Чим проводять | Пара, пароповітряна суміш, гаряча вода, вода з  протитиском | Гаряча вода, вода з протитиском |
| 2. Умови | вище 100оС під тиском (пара і пароповітряна суміш); до 100оС (гаряча  вода, вода з протитиском) | до 100оС (гаряча вода); незалежно від температурного рівня  (вода з протитиском) |
| 3. Переваги | прогрівання проходить  швидко; різка зміна тем-  ператур при охолодженні  не відображається на цілісності тари (при  стерилізації парою) | поступове рівномірне нагрівання; охолодження холодною водою, що захищає тару від биття (після стерилізації  консервів) |
| 4. Недоліки | явних недоліків не виявлено | менша швидкість нагрі- вання (ніж при стериліза- ції парою); більші витрати пари (вона витрачається  на підігрівання води) |

# Стерилізація парою

Стерилізація консервів у ***металевій тарі*** проводиться наступним чином:

1. ***Завантаження***. Автоклавні сітки з банками завантажують в автоклав і герметично закривають кришку.
2. ***Продування***. Розпочинають подавати пару знизу і одночасно відкривають продувний краник, що знаходиться на кришці автоклаву, трішки відкривають нижній і верхній вентилі для зливання і випускають з автоклаву суміш пари і повітря. Продування використовують для видалення з автоклаву повітря, яке є поганим провідником тепла і перешкоджає рівномірній стерилізації. Продування триває 5-7 хв і закінчується, коли з продувного краника починає виходити великий струмінь пари, що свідчить про видалення повітря з автоклаву. До того часу термометр на автоклаві показує 100-102 оС.
3. ***Підігрівання***. Закривають продувний краник, вентилі на зливних трубах і протягом передбаченого формулою часу підігрівання продовжують рівномірно подавати пару, поки в автоклаві не установиться потрібна

температура стерилізації. Як правило, період продування проводиться у формулі стерилізації окремо від часу підігрівання, і тоді у **формулі стерилізації** в чисельнику з’являється ще одна величина – ***час продування*** (а).

1. ***Власне стерилізація***. Досягнувши температури стерилізації, подавання пари майже припиняють, прикриваючи паровий вентиль до 1/4….1/6 обороту. Потрібну температуру в автоклаві підтримують постійно, регулюючи її при необхідності подачею пари вентелем. Після закінчення періоду власне стерилізації подавання пари в автоклав припиняють.
2. ***Охолодження консервів***. Можна проводити різними шляхами.
3. «повільне охолодження» розпочинається з випускання пари. Для цього трохи відкривають продувний краник або вентиль на зливній трубі, а іноді те й інше. По мірі випускання пари з автоклаву тиск у ньому падає і температура понижується. Спочатку випускання пари проводять повільно, а в кінці цього етапу стерилізації продувний краник відкривають сильніше і понижують тиск в автоклаві до атмосферного. Коли тиск в автоклаві понизиться до атмосферного, відкривають кришку і, щоб запобігти додатковому розварюванню консервів, охолоджують їх водою. Вода подається через верхню частину автоклава і заповнює його повністю. Потім сітки з банками вивантажують, банки перебирають, розбраковують, обклеюють етикетками і передають на склад.
4. «швидке охолодження» полягає в тому, що після закінчення власне стерилізації в автоклав подають стиснене повітря, збільшуючи тиск на 0,08-0,1 МПа, потім пускають воду під тиском, що перевищує тиск в автоклаві. Цей спосіб охолодження дозволяє запобігти виникненню небезпечних деформацій і ліквідувати брак на останньому етапі стерилізації.

# Стерилізація у воді з протитиском

Спосіб стерилізації, коли тиск на кришку зсередини зрівноважувався тиском ззовні і кришка не здувається називається **стерилізацією з протитиском**. При цьому частина загального тиску в автоклаві створюється

***«гарячим» способом***, тобто за допомогою пари, яка необхідна для стерилізації. Інша частина створюється ***«холодним» способом***, тобто так, що тиск в автоклаві підвищується без підвищення температури.

Дана техніка стерилізації використовується у всіх випадках стерилізації консервів у ***скляній тарі***, незалежно від температурного рівня (нижче чи вище 100ºС), стосовно до ***металевої тари***, якщо потрібно усунути надмірне здування кінців, що приводить до надлишкової деформації або банок із тонкої жерсті, алюмінію чи полімерів. Щоб не зривало кришки з горловини банок в

автоклаві створюється тиск, який рівний або перевищує тиск в банці. Різниця між тиском в банці і тиском в апараті повинна бути меншою від критичного значення, при якому кришка зривається.

**Протитиск** у автоклаві можна створити ***двома шляхами***: подачею в автоклав стисненого повітря і внаслідок теплового розширення води.

## Техніка стерилізації з повітряним протитиском

1. ***Нагрівання води***. До завантаження сіток нагрівають воду в автоклаві до температури, яка на 10-15ºС перевищує температуру банок з продуктом
2. ***Завантаження.*** Сітки з банками завантажують в автоклав так, щоб рівень вода був на 10-15 см вищий від верхнього ряду банок і закривають автоклав.
3. ***Подача пари з повітрям***. Через барботер подають в автоклав суміш пари з повітрям або стиснуте повітря, щоб підняти температуру і тиск до рівня, заданого формулою стерилізації. Величина протитиску (Р) входить у **формулу стерилізації** в чисельник.
4. ***Власне стерилізація***. Під час стерилізації підтримують відповідну температуру, сталий тиск, періодично проводять продування автоклава, випускаючи газову суміш.
5. ***Охолодження***. Банки охолоджують подачею холодної води у верхню частину автоклава, одразу відкривають нижній вентиль і випускають гарячу воду. Вода перемішується між собою і охолодження проходить поступово. В період охолодження тиск також підтримують постійним.

## Техніка стерилізації з водяним протитиском

1. ***Завантаження***. Автоклав завантажують сітками з банками і герметично закривають.
2. ***Подача води***. Воду подають до тих пір, поки вона не заповнить весь автоклав і не з’явиться з продувного краника на кришці.
3. ***Подача пари***. Після подачі води краник закривають і пускають у барботер пару. Перші порції пари, сконденсувавшись, збільшують об’єм води в автоклаві. Об’єм води може також збільшитись і внаслідок її теплового розширення. А оскільки автоклав з самого початку був повністю заповнений водою (вода погано стискається), то тиск в автоклаві починає швидко зростати і вже при 70-80 оС може виявитися на рівні, який вимагає режим. Тому, поряд з подачею пари у барботер для подальшого підігрівання, потрібно до цього моменту припинити підвищення тиску, видаляючи надлишок води через продувний краник або через верхній вентиль на боковій зливній трубі.
4. ***Власне стерилізація***. Після досягнення температури стерилізації подачу пари припиняють, підтримуючи постійними температуру і тиск шляхом регулювання подачі пари та випуску води. До кінця періоду

підігрівання тиск в автоклаві слід підняти трохи вище потрібного за формулою, тому що при відключенні автоклаву від парової магістралі тиск трохи знижується.

1. ***Охолодження.*** Проводить так, як у випадку застосування повітряного протитиску.

Цей спосіб створення протитиску має одну ***негативну особливість*** – найменші зміни об’єму води в автоклаві різко відбиваються на величині протитиску. Тому зручніше працювати за іншим варіантом, коли протитиск створюється при наявності **«повітряної подушки».** Для цього після попереднього підігрівання води і завантаження банок доливають в автоклав воду з таким розрахунком, щоб рівень її на 2-3 см не досягав верхнього краю циліндричної частини. Потім закривають всі вентилі, крани, кришку і пускають через барботер пару. Таким чином автоклав до початку підігрівання не повністю заповнений водою: деяка частина повітря в ньому («повітряна подушка») залишається.

По мірі пропускання пари і нагрівання води, об’єм її збільшується, а об’єм простору, заповненого повітрям, у верхній частині автоклаву зменшується. Тому повітря стискається, тиск його зростає і до кінця періоду підігрівання досягає необхідної за формулою величини. При такому методі тиск в автоклаві підвищується дуже повільно, а невеликі зміни об’єму води при її витіканні або при подачі пари мало позначаються на величині протитиску. Таким чином,

«повітряна подушка» є своєрідним буфером, який приймає на себе коливання тиску, що виникають у системі.

# Стерилізація в автоклавах нових конструкцій

До автоклавів нових конструкцій відносяться:

* нові вдосконалені вертикальні автоклави;
* безсіткові автоклави;
* горизонтальні автоклави з новими, більш економічно і екологічно вигідними гріючими середовищами, у тому числі ротаційні.

## Нові вдосконалені вертикальні автоклави

Однокорзинні вертикальні автоклави А9-СКО є універсальними. Вони за технікою стерилізації аналогічні моделям АВ і Б6- КАВ і дозволяють вирішити такі проблеми: 1)можливість установки апаратів без приямків (шахт), що покращує умови праці і техніку безпеки в стерилізаційному відділенні, 2)дотримання інтервалу завантаження не більше 30 хв, що практично неможливо виконати при стерилізації в 2-х корзинних автоклавах при малій продуктивності технологічних ліній.

Нові двосіткові автоклави Б6-ІСА застосовуються для стерилізації рибних консервів у металевій тарі. Вони характеризуються автоматизацією процесів власне стерилізації, охолодження з протитиском і зливання води. Аппарат оснащений пристроями для механізації відкривання, закривання і ущільнення кришки з корпусом за допомогою гідроприводу та байонетного затвору.

## Безсіткові автоклави

Безсіткові автоклави характеризуються завантаження консервів у металевій тарі насипом безпосередньо в гарячу або холодну воду. Це зменшує затрати праці на обслуговування апаратів, пришвидшує процес завантаження і розвантаження, зменшує витрату пари і необхідну виробничу площу.

Безсіткові автоклави фірми «Бур’є Фре Нант» (Франція) установлені на деяких плавучих рибоконсервних заводах. У таких апаратах банки конвейєром подаються у завантажувальний люк і падають в гарячу воду, яка відіграє роль

«водяної подушки». Коли автоклав завантажений, воду з нього витісняють у наступний автоклав, де вона також використовується на період завантаження автоклаву банками. Таким чином, вода використовується по замкненому циклу. Стерилізація проводиться парою, охолодження – водою із застосуванням повітряного протитиску. Усі операції роботи автоклава автоматизовані. Їх ***перевага***: швидке прогрівання консервів, проте ***недолік*** – не рівномірне прогрівання консервів при стерилізації.

Техніка стерилізації в безсіткових автоклавах Н10-АВ (Україна), МРА-50 (Польша) є аналогічною французьким. Дещо іншим є процес стерилізації в автоклавах фірми «Lubeca» LW 2090 (Німеччина). У них стерилізація здійснюється у пароводяному середовищі шляхом зрошування через перфоровану плиту перегрітої води при значній швидкості її циркуляції. Це сприяє рівномірності температурного поля автоклава.

## Горизонтальні автоклави

Горизонтальні автоклави мають певні переваги над вертикальними, а саме: не потребують шахт при установці та монорельсів або кранів для завантаження і вивантаження сіток з банками; у них створюється рівномірне температурне поле; зменшуються витрати води за рахунок її циркуляції; є можливість використати ротацію.

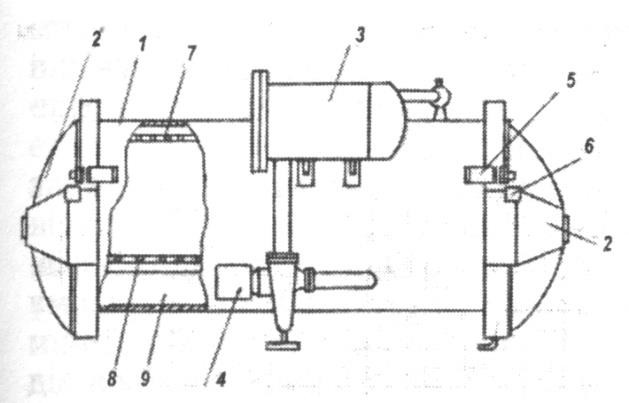
За технічнологічною реалізацією процесу стерилізації горизонтальні автоклави поділяються на дві групи:

І. Апарати, у яких продукція, що обробляється, знаходиться у статичному стані.

ІІ. Апарати, у яких теплова обробка поєднується з механічним впливом (ротацією корзин, струшуванням, покачуванням).

Чотирисіткові горизонтальні апарати періодичної дії фірми «Lubeca» LW 2002 (Німеччина) є універсальними і можуть бути 2-х типів: статичними і з ротацією. У них стерилізація проводиться у воді з постійним режимом протитиску, параметри встановлюються автоматично. Особливістю даного автоклаву є наявність двох горизонтально розміщених ємкостей: стерилізаційної камери і змонтованого над нею котла-бойлер (резервуар для гарячої води). Спочатку в бойлері підігрівають воду до температури стерилізації, а потім її запускають у стерилізаційну камеру, завантажену консервами. Наявність бойлеру дозволяє розпочати процес з періоду власне стерилізації, оминаючи фазу підігрівання. Це значно інтенсифікує тепловий процес.

Стандартний горизонтальний автоклав “Sterіflow” (Франція) є представником апаратів першої групи. Він відрізняється від попередніх відсутністю бойлера і наявністю виносного теплообмінника. Автоклав має вигляд циліндра, забезпеченого однією або двома кришками, в який поміщають 1-5 прямокутних корзин (рис.2.4). Корзини подаються до автоклаву на спеціальних транспортних візках і рухаються в автоклав вручну по коліях, розміщених у нижній частині автоклаву.



**Рис. 2.4.** Горизонтальний автоклав марки “Sterіflow”.

1 – корпус; 2 – кришка; 3 – теплообмінник; 4 – циркуляційний насос; 5 – пневмоциліндр блокування кришки; 6 – датчик електроблокування кришки; 7

* перфорована пластина; 8 – роликові направляючі для пересування корзин; 9
* піддон для збирання води.

Автоклави “Sterіflow” розраховані на роботу при температурі до 1400С і тискові до 500 кПа. Апарати з двома кришками дають можливість завантажувати і розвантажувати корзини з продукцією з різних сторін автоклаву, не змішуючи не стерилізовані банки зі стерилізованими консервами. Автоклав є універсальним по відношенню до видів стерилізованих продуктів і консервної тари. Апарат може працювати в ручному і автоматичному режимах. Параметри процесу стерилізації – температура і тиск – реєструються самописним приладом на одній діаграмній стрічці.

Статичними і з ротацією є автоклави вітчизняного виробництва: А9-КСТ, А9-КСР, А9-КСС, які застосовуються для стерилізації консервів у металевій тарі і тарі з ламістера. Схожими за принципом теплової обробки є автоклави фірми «J.Lagarde» (Франція) та «Lubeca» LW 3003 (Німеччина). Вони випускаються як з ротацією корзин, так і без ротації. Ротаційні автоклави або ротомати, призначені для стерилізації консервів з одночасним їх обертанням. Вони володіють високими технологічними характеристиками, різко скорочують тривалість процесу, дозволяють стерилізувати консерви у великій тарі, забезпечують рівномірне прогрівання продукту по всьому об’єму тари, дають можливість отримати продукцію високої якості.

Однак, не дивлячись на значні переваги нових автоклавів, їх основним недоліком залишається періодичність роботи. Тому актуальними є безперервно діючі апарати.

## Стерилізаційні апарати безперервної дії

Стерилізаційні апарати безперервної дії мають значні ***переваги***:

1. полегшують і спрощують роботу обслуговуючого персоналу;
2. дають можливість створити високопродуктивні потокові лінії виробництва консервів з високим ступенем механізації та автоматизації технологічних процесів;
3. забезпечують постійний режим стерилізації в часі і температурі;
4. скорочують час стерилізації:
5. зменшують витрати пари та води;
6. дають можливість краще зберегти якість продукції.

Стерилізаційні апарати безперервної дії менш поширені ніж автоклави, оскільки вони мають і ряд ***недоліків***:

1. складну конструкцію:
2. надто великі та дорогі:
3. одні дозволяють стерилізувати банки тільки одного розміру, в інших можна стерилізувати банки тільки із одного будь-якого матеріалу:
4. у деяких відсутній підігрів та охолодження:
5. особливо складно здійснити неперервне введення банок в зону підвищеного тиску під час стерилізації при температурах вищих за 1000С і неперервне виведення їх з такої зони в атмосферу.

Апарати безперервної дії поділяються на 2 групи:

І. ***Стерилізатори***: 1)закритого типу (працюють під надмірним тиском); 2)відкритого типу (працюють при атмосферному тиску).

ІІ. ***Пастеризатори***.

У ***стерилізаторах***, так само, як і в періодично діючих апаратах, використовуються різні робочі середовища (вода, пара, повітря).

***Пастеризатори*** бувають різних типів за способом теплової обробки: повітряні, парові, зрошувальні, заглибні, водяні, роторні. Особливості їх будови та принцип дії подані у відповідній літературі. Вони використовуються, в основному, для теплової обробки скляної тари (соки, пюре, компоти, варення, джеми). Прикладом парового пастеризатора безперервної дії є пастеризатор фірми «Lubeca» LW 1089 HSS (Німеччина), який використовується для теплової обробки консервованих фруктів, квашеної капусти, огірків тощо, кислотність яких не перевищує рН 4,2.

# Техніка асептичного консервування

**Асептичне консервування** (АК) плодово-овочевих консервів є одним із перспективних напрямків виробництва високоякісної консервної продукції. За цим методом стерильно підготовлений шдяхом теплової обробки харчовий продукт спочатку охолоджують, а тоді фасують у стерильних (асептичних) умовах у стерильну тару, накривають стерильними кришками і закупорюють у стерильних умовах.

У теперішній час на вітчизняних консервних підприємствах АК упроваджено у декількох видах:

* + для зберігання напівфабрикатів (фруктових соків, пюре, концентро- ваних томатопродуктів у резервуарах великої місткості 15-160 м3);
  + для випуску готової продукції в різних видах картонної і полімерної тари типу тетра-паки, пюр-паки, доу-паки місткістю 0,2-1,5 дм3 з використанням установок типу «Тетра Пак Асептик» або «Тетра Брік Асептик»;
  + для випуску консервованої плодоовочевої продукції в багатошарових полімерних мішках різної місткості з використанням асептичних фасувальних машин.

Установки типу «Tetra Pak», «Tetra Brik» (Швеція) експлуатуються в Україні з середини 90-х років ХХ століття і входять до складу ліній асептичного консервування харчових продуктів, послідовність технологічних операцій на яких можна зобразити за ***схемою***:

Підготовка → Фасування ← Формування ← Підготовка пакувального продукту продукту рукава матеріалу

↓ ↑

Герметизація і Подача пакувального формування пакета матеріалу

↓

Пакетування блоків і упаковка в термоусадрчну плівку

Підготовка продукту здійснюється поза межами установки в проточному стерилізаторі-охолоджувачі. Продукт нагрівається до визначеної температури і витримується при цій температурі до досягнення летального ефекту і охолоджується до температури 20-25 оС. Для стерилізації упаковочного матеріалу використовують водні розчини Н2О2 концентрацією до 35%.

Підготовлений продукт поступає на фасувальний пристрій. Сучасні асептичні фасувальні установки дозволяють відійти від дорогих резервуарів великої місткості (15-160 м3) і перейти до простих багатошарових полімерних мішків (пакетів) різної місткості. Вони мають 3 ***шари***:

1. ***зовнішній*** – поліетилен – захищає ламінат від механічних пошкоджень;
2. ***середній*** – алюмінієва фольга – забезпечує бар’єрні властивості пакета;
3. ***внутрішній*** – поліпропілен – контактує з продуктом і служить засобом герметизації упаковки за допомогою термозварювання.

**Запитання для самоконтролю**

* 1. Для чого і як розраховують величину надлишкового тиску в тарі при стерилізації в автоклавах?
  2. Де більший тиск при стерилізації: в металевій чи скляній тарі? Чому?
  3. Як запобігти деформації та розгерметизації тари при стерилізації?
  4. Будова та принцип дії вертикальних автоклавів.
  5. Яка техніка стерилізації консервів парою?
  6. Яка техніка стерилізації консервів водою з протитиском?
  7. Які особливості стерилізації в нових типах автоклавів?
  8. Техніка стерилізації в безсіткових автоклавах.
  9. Які переваги мають горизонтальні автоклави?
  10. Чому стерилізаційні апарати безперервної дії менш поширені ніж автоклави?
  11. Як проводять асептичне консервування харчових продуктів?

***ЛЕКЦІЯ №9-12***

***ТЕМА 3.* Вплив стерилізації на зміну якості консервованих продуктів**

***Основні терміни:*** 1)константа D; 2)константа *Z*; 3)період напіврозпаду; 4)температурний фактор; 5)гідролітичний ефект, 6)вітамінне число, 7)антоціанове число, 8)аскорбінове число, 9)пігментне число, 10)пектинове число.

# Вплив стерилізації на якість консервів

Теплова стерилізація – це найважливий метод консервування харчових продуктів. Її частка становить більше половини консервних продуктів, готових до споживання. Харчова цінність продуктів визначається її складовими: біологічна та енергетична цінність, доброякісність та органолептичні властивості (консистенція, колір, аромат, смак тощо).

Доброякісність та якість консервів в практиці консервного виробництва визначають параметри теплової стерилізації. Вони розробляються таким чином, щоб при забезпеченні мікробіологічної безпеки готового продукту і його стабільності при наступному зберіганні, максимально зберегти харчову цінність вихідного продукту.

Теплова обробка викликає неминуче зниження органолептичних властивостей і харчової цінності стерилізованої продукції (часткова деструкція білка з виділенням H2S, NH3, гідроліз ліпідів, руйнування вітамінів та поліфенолів).Зміна окремих показників, яка має місце під дією тепла, буває різною в залежності від продукту, який піддається термообробці (стерилізації).

Для досягнення високої якості консервів необхідний ретельний вибір режимів стерилізації і наукове обґрунтування параметрів процесу. Це можливе при паралельному вивченні закономірностей впливу режимів теплової обробки на мікроорганізми і на відповідні хімічні характеристики харчової цінності консервів.

# Закономірності термічної деградації харчових речовин

На сучасному етапі розвитку теорії і практики термічного консервування встановлено, що у більшості випадків інактивація мікроорганізмів та ферментів і руйнування харчових компонентів при нагріванні відповідають кінетиці хімічних реакцій І-го порядку. Це означає, що протікання цих реакцій можна охарактеризувати та оцінити за допомогою ***кінетичних констант***:

**D1** – час необхідний для зниження концентрації компонента на 90 % при постійній температурі Т;

**Z2** – число градусів, на яке потрібно змінити температуру, щоб викликати десятикратну зміну величини DT (для реакцій І-го порядку DT не залежить від початкової концентрації харчового компонента).

Іноді замість *D* використовують показник τ1/2. **Період напіврозпаду**

(*τ1/2*) – це час, необхідний для руйнування речовини на 50%.

Окрім константи *Z*, користуються ще однією величиною – **температурним фактором** (Q10), який означає зміну швидкості реакції під дією підвищення температури на 10˚С.

Для характеристики реакцій руйнування хімічних речовин при тепловій стерилізації використовують величину Еа – це енергія активації процесу, яка визначається через константи швидкості відповідних реакцій (К).

Встановлено, що швидкість інактивації і відмирання спор м/о при тепловій стерилізації значно вище, ніж швидкість гідротермічної деструкції основних лабільних харчових компонентів. Про це свідчать відповідні значення констант *D* і *Z*. Така відмінність у константах дає можливість одержувати стерильні високоякісні продукти і дозволяє зрозуміти високий ступінь збереження компонентів сировини в процесі стерилізації, який проводиться при більш високій температурі, але протягом меншого часу.

Дані про закономірність термічної деструкції харчових речовин дали можливість використати для оцінки ступеня їх руйнування при стерилізації математичний метод. При виборі тест-речовини орієнтуються на самий важливий компонент хімічного складу сировини – білки, вітаміни, барвники тощо. При необхідності досягнення кулінарної готовності продукту це можуть бути показники, що характеризують його структуру (консистенцію).

Ідентичність констант *D* і *Z* для мікроорганізмів і харчових компонентів дає можливість виразити ефект стерилізації відносно них одним числом, як це робиться при визначенні летальності. Ці ***числа***, в залежності від виду компонента, який вивчається, називаються по-різному:

* + 1. гідролізу білків – гідролітичний ефект Н;
    2. руйнування S-метилметіоніну (вітаміну *U*) – вітамінне число U;
    3. руйнування антоціанів – антоціанове число *Аан*;
    4. руйнування аскорбінової кислоти – аскорбінове число *Аак*;
    5. руйнування пігментів – пігментне число *П*;
    6. руйнування пектинових речовин – пектинове число *П*.

За фізичною суттю ці ***числа*** аналогічні летальності і знаходяться у зворотній залежності від кількості біологічно цінного компонента, який зберігається при тепловій обробці. У прямій же залежності від ступеня

розм’якшення кісток риб при стерилізації знаходиться реологічний показник ***ефективність розм’якшенн*** – *Р*. Він вперше введений у практику наукового обґрунтування параметрів процесу стерилізації рибних консервів дослідниками **Б.Л.Флауменбаумом** і **Л.Б.Добробабіною**. Такий же показник введено для оцінки ***ефективності розм’якшення*** зернобобових при стерилізації (на прикладі бобів нуту).

**Гідролітичний ефект** (Н-ефект). Вплив теплової обробки на якість сировини, багатої білками, можна оцінити за ступенем їх розпаду. Допустимою тепловою обробкою м’ясних консервів при 120˚С прийнята тривалість процесу не більше 50 хв (гідроліз білків при цьому складає 6,5%). Ця величина прийнята як ***нормативне значення гідролітичного ефекту*** (𝐻30 = 50 ум. хв).

120

**Вітамінне число (U)**. Для математичної оцінки ступеня руйнування S- метилметіоніну (вітаміну U) вивчена його термостійкість в постійному та перемінному температурному полі з визначенням відповідних констант *D*, *τ1/2* i *Z*. В кислому середовищі термостійкість вітаміну U можна характеризувати часом напівруйнування (τ1/2) і константою Z = 74˚С, у порівнянні з Z = 50˚С у натуральному капустяному соку та десятикратним зниженням S- метилметіоніну.

**Антоціанове число (Ааn**). Для математичної оцінки впливу теплової стерилізації на антоціани плодів та ягід в якості вихідної величини, з якою порівнюється ступінь фактичного руйнування їх при різних режимах стерилізації, вибрано час повної деструкції антоціанів темнозабарвлених сортів винограду, який склав 856хв при 80˚С. Температура 80˚С вибрана за аналогією з еталонною температурою для мікроорганізмів для зручності порівняння впливу теплової обробки; константа Z = 27˚С. Чим більше Ааn, тим більший ступінь деструкції антоціанів.

**Аскорбінове число (Аак**). За даними **С.І.Лахтіонової** аскорбінова кислота досить стійка до температурного фактора. І оскільки у фруктових соках період напіврозпаду при 121˚С вимірюється декількома годинами (а при 81˚С десятками годин), втрати цього цінного компонента харчових продуктів при стерилізації незначні. У той же час автор відмічає, що наявність кисню в повітрі помітно інтенсифікує термічне руйнування аскорбінової кислоти. Для оцінки ступеня її руйнування прийнято час повного руйнування при 80˚С протягом 2310 хв і константу Z = 37˚С.

**Пігментне число (П)**. Ступінь руйнування деяких пігментів вивчалась у кислому і мало кислому середовищі. Для порівняння ступеня руйнування пігментів із загибелю м/о прийняті ті ж еталонні температури – 80 і 121,1˚С.

При розрахунку нормативного значення пігментного числа за прийнятою при математичному аналізі формулою:

(Пн

= 𝐷𝑒𝑙𝑔 𝐶𝑛 ; ум. хв) (3.1)

𝐶𝑘

Початкову концентрацію пігменту (Сn) і допустимий ступінь руйнування (Ск) при різних рН приймали такими ж, як і для вітаміну U:

Сn = 100%, СК = 25% (рН 4,0) і 50% (рН 6,0).

**Пектинове число10 (П)**. При тепловій обробці фруктово-овочевої сировини відбувається значна деструкція пектинових речовин, глибина і швидкість якої залежать від умов стерилізації. Ступінь руйнування пектинових речовин при тепловій обробці оцінювали за показником – ***комплексоутворюючій здатності*** (КЗ) – К50, яку по відношенню до іонів свинцю (в %) при даному масовому співвідношенні свинцю і пектину (1:50) розрахували за формулою:

𝐾50

= 𝑀 ∙ 100 (3.2)

𝑀1

, де М – маса свинцю, визначеному в пектин аті;

М1 – маса свинцю, взятого для реакції комплексоутворення.

***Комплексоутворююча здатність*** пектинових речовин залежить від хімічного складу та будови полімерів, температури і терміну теплової дії. Вплив величини рН в інтервалі 3,5-5,0 (характерної для фруктово-овочевої сировини) виявився незначним.

Для зручності порівняння з ефективністю теплової стерилізації у відношенні мікроорганізмів, в якості еталонної температури також прийнята температура 80˚С. Розрахунок П**н** вели за формулою:

*Пн* = 𝐷80

𝑙𝑔 𝐾50𝑛

𝐾50𝑘

(3.3)

, де 𝑙𝑔 𝐾50𝑛

𝐾50𝑘

– ступінь деструкції КЗ;

К50n – початкове значення, яке приймається за 100%;

К50К – кінцевий допустимий ступінь руйнування, прийнятий за 50%. Тоді

*П* = 62,23𝑙𝑔 100 = 18,67 *ум*. *хв*.

*н*

50

Значення D80 визначають графічно з рисунка: при lgD = 1,794; D80 складає 62,23 хв.

# Реологічний показник якості консервів

При розробці параметрів теплової стерилізації рибних консервів необхідно враховувати як досягнення летальності відносно мікроорганізмів, так і кулінарну їх готовність (розм’якшення кісткової тканини). В основі процесів розм’якшення кісткових тканин риби при стерилізації лежать ті ж процеси гідролізу компонентів хімічного складу, які відповідальні за твердість кісток, що й загибелі мікроорганізмів і деструкції поживних речовин.

Процес термічного розм’якшення кісток відстає від процесу термічної загибелі мікроорганізмів. Якщо час, необхідний для десятикратного зниження кількості мікроорганізмів (D121) для ***C.sporogenes*** складає 0,6-1,5хв, то час, необхідний для десятикратного зниження твердості хребтової кістки знаходиться в межах 15-20 хв (за дослідженнями **Л.Б.Добробабіної**).

За аналогією з розрахунком відповідних мікробіологічних і хімічних показників розраховують ***теоретичний (нормативний) показник ефективності розм’якшення хребетної кістки*** – Рн:

𝑃*н* = 𝐷 𝑙𝑔 𝑄 (3.4)

𝑒 𝑞

де Q – зусилля роздавлювання сирої кістки (приймається 30-60 кг/см2): q – зусилля роздавлювання розвареної кістки (1,5 кг/см2).

Розраховані величини Рн, що характеризують кулінарну готовність кісток, наприклад, консервів з хека, знаходяться в межах : в олії – 22.7ум.хв; у томатному соусі – 19,2ум.хв; натуральних – 22,3ум.хв.

При виробництві м’ясорослинних консервів має значення ***показник твердості зерна*** бобових культур. Зміна твердості їх, як і твердість хребтових кісток, у стаціонарному тепловому режимі носить експоненціальний характер і відповідає кінетиці хімічних реакцій І-го порядку. За даними **І.В.Мельник** для нута одержані значення констант *D* і *Z* значно перевищують не лише аналогічні константи руйнування м/о, але й константи розм’якшення кісткової тканини риб. Відповідальним за розм’якшення бобів нута є процес клейстеризації крохмалю.

Час, необхідний для досягнення кулінарної готовності бобів при 120оС розраховують за аналогією до формули 3.4. Він становить 46,62ум.хв.

# Оцінка режимів стерилізації

Стерилізація консервів представляє собою нестаціонарний тепловий процес. Математичний метод оцінки ефективності режимів стерилізації за хімічними і реологічними показниками (ОНАХТ) передбачає, після визначення рівня руйнування тест-речовини, що допускається, розрахунок інтегрального показника, який характеризує сумарну зміну фактичного руйнування показника якості, що вивчається, і їх порівняння.

Розрахунок фактичних значень вибраних ***хімічних*** і ***реологічних чисел*** проводиться на основі математичної обробки кривих прогрівання консервів, аналогічно розрахунку приведеного стерилізуючого ефекту (фактичної летальності) за формулою з розрахунком відповідних перевідних коефіцієнтів.

Порівнюючи розраховані величини Н-ефекту з нормативним 𝐻30 = 50 *ум*. *хв*., можна орієнтовно зробити відповідний висновок про прийнятність даного режиму стерилізації за його дією на білки. Режим стерилізації, у яких Н-ефект менше 50 ум.хв, не приводить до глибокої деструкції білків. Якщо ж більше 50 ум.хв, то руйнування білкових речовин супроводжується руйнуванням амінокислот, що утворилися при гідролізі білків. Таким чином, при оцінці режимів стерилізації консервів за хімічними показниками повинна виконуватись нерівність Нф ≤ Нн.

120

Застосування математичного методу для оцінки режимів стерилізації за хімічними показниками дало можливість порівнювати біохімічну характеристику різних режимів стерилізації, вибирати, прогнозувати оптимальні режими стерилізації із заздалегідь допустимим ступенем їх руйнування. Наочним прикладом такого підходу може бути оцінка режимів стерилізації фруктових соків в банках І-58-250: виноградного із темнозабарвлених сортів за антоціановим числом і яблучного – за аскорбіновим числом.

Аналіз розрахунків показав, що:

1) ступінь деградації антоціанів при стерилізації незначний – не більше 10%. Його визначають шляхом порівняння **антоціанового числа** реального режиму стерилізації з тривалістю повного руйнування антоціанів при 80˚С – 856 хв:



2) режими, еквівалентні за летальністю (в обох випадках – і при 40, і при 100ум.хв), але при підвищених температурах (95 і 105˚С), більш сприятливі для якості продукції, тому що ступінь деградації антоціанів при цьому у 2 рази менше.

Такий же висновок можна зробити за визначеними величинами **аскорбінового числа** (ААК) відносно руйнування аскорбінової кислоти: із приведених режимів кращим є режим з меншим значенням ААК:

10 − 5 − 15

𝐴𝑎𝑘 = 950𝐶 *При* 𝐴𝑎𝑘 = 72 *ум*. *хв*

При ААК = 72 ум.хв ступінь руйнування АК також незначна − 72

2310

∙ 100 = 31%

Математична оцінка ступеня руйнування пігментів при стерилізації овочевих соків показує, що стерилізація за науково обґрунтованими режимами сприяє збереженню БАР при переробці плодово- овочевої сировини.

Розрахунок ***фактичного (даного) руйнування пектинових речовин*** при стерилізації визначають за формулою:

*П* = 𝜏 𝐾

𝑑𝜏 ≌ 𝜏 (𝐾 + 𝐾

+. . . 𝐾

) (3.7)

𝐷 ∫0 *П*

𝑝 *П*1 *П*2

*П*𝑛

, де КП – перевідні коефіцієнти, розраховані за формулою:

=

1

𝐾*П* =

𝑇𝑒−𝑇𝑔

1

80−𝑇𝑔

(3.8)

10 𝑧 10 108

Так, встановлено, що яблучний сік в банках І-58-250 можна стерилізувати при різних температурах. При цьому еквівалентна летальність в межах мікробіологічної норми може бути одержана при стерилізації за режимами:

5 − 15 − 20

850𝐶 ,

5 − 10 − 20

900𝐶 ,

5 − 5 − 20

950𝐶

Математична обробка кривих прогрівання показала, що фактичне значення пектинового числа – ПD складає відповідно 37,5-26,2 ум.хв, що перевищує допустиме значення Пн у 18,67 ум.хв і приводить до руйнування КЗ більше 50%. За розрахунками, високу ступінь збереження пектинових речовин можна одержати при переході на пастеризацію яблучного соку в безперервно діючому апараті протягом 10хв при 90˚С або протягом 4 хв при 95˚С.За таких умов ПD складає відповідно 12,5 і 5,5 ум.хв.

Таким чином, ще раз підтверджено, що з підвищенням температури теплової стерилізації і скорочення часу теплової обробки ( при еквівалентній летальності) ступінь руйнування пектинових речовин (їх КЗ) зменшується, що підтверджується відповідними величинами пектинового числа і що характерно для всіх хімічних речовин, які входять до складу харчових продуктів.