УДК: 644.8.036.5

О. М. Скарбовійчук, канд. техн. наук
O.M. Skarboviychuk,
О.І. Кепко, канд. техн. наук
O.I. Керко
В. Г. Федоров, доктор техн. наук
V.G. Fedorov

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛОПЕРЕНЕСЕННЯ ПІД ЧАС СТЕРИЛІЗАЦІЇ КОНСЕРВІВ
A RAISE THE RATE OF HEAT TRANSFER DURING PRESERVES STERILIZATION

Використання кінетичної енергії гріючої пари та охолоджуючої води дозволяє різко збільшити теплообмін із банками у вертикальному автоклаві та є підставою для розробки скорочених формул стерилізації

Ключові слова: *стерилізація - автоклав - формула стерилізації.*

Adoption of kinetic energy of steam and cooling water permit abrupt raise of heat exchange with preserve cans in vertical autoclave, it is ground for elaboration of sterilization formulas shortening. ***Keywords:*** *sterilization - autoclave - formulas shortening.*

Для обґрунтування нових, менш енерго- та ресурсоємних формул стерилізації консервів треба шукати шляхи інтенсифікації перенесення теплоти від гріючого середовища до центра продукту чи точки в ньому з найповільнішим прогріванням. Зрозуміло, що для консервів із густою консистенцією (томатні пасти, пюре та соуси, паштет і т. ін.), в яких конвекція під час стерилізації є практично відсутньою, майже єдиний шлях - у оптимізації розмірів банки щодо відносних витрат пакувального матеріалу та енергії на стерилізацію, продуктивності автоклава, із врахуванням попиту споживачів.

Вважається, що консерви із рідкою консистенцією прогріваються швидше за рахунок активної конвекції всередині банки [1]. Для консервів з "проміжною" консистенцією (зелений горошок, компоти, фрукти у соку і т. ін.) інтенсивність прогрівання залежить від співвідношення "тверда - рідка фаза" та від розмірів плодів чи шматків. Рекомендація з приводу інтенсифікації теплоперенесення для консервів двох останніх груп є досі єдиною [1]: стерилізувати в ротоматах, де ефект здобувається за рахунок перемішування продукту під час обертання банок навколо горизонтальної осі ротомата.

Велика кількість консервних заводів України працюють на вертикальних автоклавах з нерухомими в них банками, тому треба шукати інші шляхи, наприклад, серед дослідних робіт, які виконувались в часи, коли питання енергозбереження не було таким гострим. Під час теплометричного дослідження стерилізації консервів рідкої консистенції [2] крім локальної густини теплопритоків до стінок та кришки банки ІІІ-82-1000, вимірювали температуру гріючого середовища t_c (води) та в центрі продукту $t_п$. За модельну рідину брали розчин цукру у воді від 0 до 30% сухих речовин (СР). Відставання в часі $t_п$ від t_c слабо залежить від СР та сягало 3 К/хв при

СР = 30% під час нагрівання води від кімнатної t до 100°С за 20 та охолодження теж за 20 хвилин (рис. 1). Відставання в цих дослідах є порівнюваним з відставанням при консервуванні густих речовин, наприклад, "Салата июльского" [1, с.328], де його величина не перевищувала 4 К/хв. отже є потреба в інтенсифікації теплоперенесення для всіх видів консервів. Аналіз розподілу густини теплових потоків по поверхні скляної банки в дослідах [2] показує, що вертикальне її розташування не сприяє конвекції всередині банки під час термообробки. Тому було поставлено порівняльні досліди з пастеризації вишневого компоту за умов вертикального та горизонтального розташування банки. Була реалізована формула

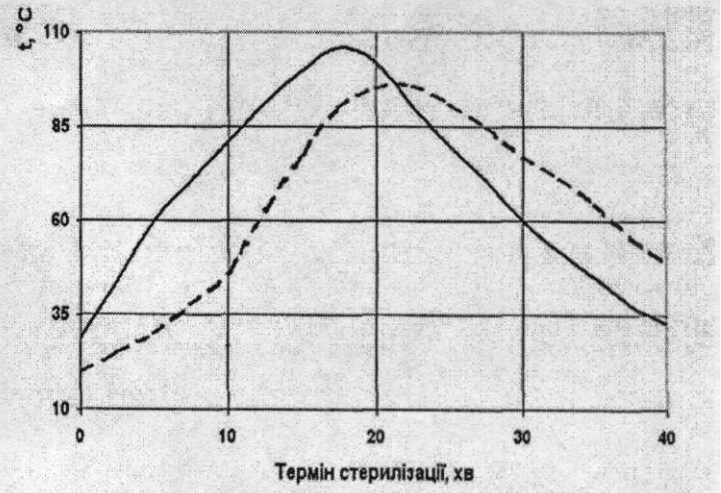

Рисунок 1. **Динаміка температур під час нагрівання і охолодження консервів рідкої консистенції: суцільна крива – гріючого середовища; штрихова лінія – середня температура продукту.**

$$\frac{15-30-15}{85}$$

стерилізації: (підвищення температури гріючої води від кімнатної до 85°С за 15 хвилин, витримка 30 хвилин та охолодження 15 хвилин). На рисунку 2 видно, що в горизонтальній банці конвекція є значно кращою, оскільки згадане вище відставання температури для неї не перевищує 1,1 К/хв, а в вертикальній сягає 2 К/хв. Переобладнати сітки автоклавів під горизонтальне розташування банок не складе труднощів, ємність сіток від цього не зменшується, тому для скорочення часу прогрівання та охолодження консервів треба впевнитись, що скло банок витримає підвищені термічні навантаження.

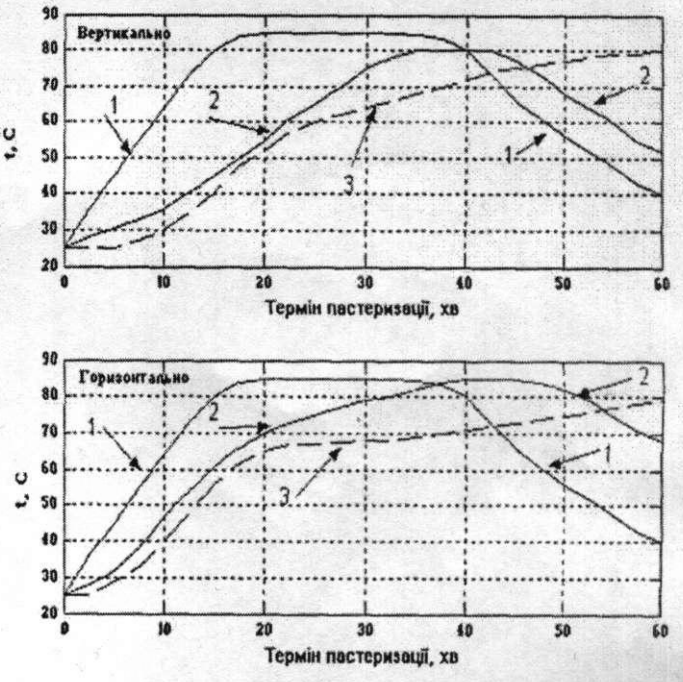

Рисунок 2. **Динаміка температур під час пастеризації компоту в банках з вертикальним і горизонтальним їх розташуванням в автоклаві: 1 – гріючого середовища; 2 – на поверхні плодів; 3 – в центрі банки.**

В існуючих формулах стерилізації середня швидкість підвищення температури гріючого середовища в автоклавах 3,5 К/хв та 2,3 К/хв під час охолодження. Для обґрунтування можливості збільшення цих швидкостей було проведено експериментально-графічне дослідження термостійкості склобанок [3]. Задача була розв'язана методом скінчених різниць [4], а крайові умови для неї визначали

вимірюванням температур та густини теплового потоку на обох поверхнях центра дна банки, оскільки в цій точці під час натурних випробувань здійснюється найбільше термонапруження [2].

Із результатів роботи [3] видно, що швидкість зростання температури гріючого середовища можна підвищити до 40 К/хв, а при охолодженні до 25 К/хв, тобто на порядок більше, порівняно з нормативними швидкостями.

Загальну задачу інтенсифікації теплоперенесення під час стерилізації консервів, таким чином, можна ставити як суттєве скорочення періодів нагрівання та охолодження за рахунок незначного збільшення періоду витримки максимальної температури з метою гарантії летальності мікроорганізмів в консервах. Для консервів густої консистенції доцільно поєднувати методи аналітичного дослідження розподілу температур в продукті [5] та натуральних випробувань. Для будь-яких консервів треба, по-перше, мати автоклави, в яких можна реалізувати прискорені режими нагрівання - охолодження продукції, а по-друге - розробити , захистити у відповідних інстанціях та впровадити нові формули стерилізації.

З метою виконання першої умови можна брати для початку такий автоклав, в якому змінено системи підведення пари та охолодної води [6]. Стандартні барботери змінені інжекторними установками в тих самих габаритах. Водяна пара подається в сопла, розташовані біля дна автоклава, її потенціальна енергія перетворюється на кінетичну, за рахунок великої швидкості пара тягне за собою воду, рівномірно її перемішує та нагріває. Коефіцієнт тепловіддачі до банок зростає, а створюване рівномірне температурне поле гріючої води дозволяє в значній мірі знизити термічний бій склотари. Змонтовані на кришці водяні інжектори виконують такі ж функції під час охолодження консервів. Новий автоклав успішно пройшов міжвідомчі випробовування та був рекомендований до широкого впровадження.

Для виконання другої умови потрібні зусилля кількох колективів, автори ж почали розробляти прискорені формули стерилізації з урахуванням мікробіологічних, теплофізичних та технічних умов.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Щеглов Н.Г.* Технология консервирования плодов и овощей. М.: Палеотип, 2002. – 380 с.
2. *Федоров В.Г., Неверов И.Г.* Теплометрическое исследование стерилизации консервов жидкой консистенции. /Реф. информация НИР, Пищевая пром-сть. К.: Вища школа, 1976, вып. 11, с. 29-30.
3. *Неверов И.Г., Федоров В.Г.* Динамика температур и тепловых потоков при испытании стеклянной тары на термостойкость./ Консервная и овощесушильная пром-сть, 1978, №8, с. 19-27.
4. *Михеев М.А.* Основы теплопередачи. М.-Л.: ГЗИ, 1956, - 392 с.
5. *Скарбовійчук О.М., Федоров В.Г.* Термообробка продуктів циліндричної форми за умови зміни температури їх поверхні. // Наукові праці НУХТ, 2009, №29. – С 85-89.
6. *А.с, 721069 (СССР).* Автоклав для стерилизации / И.Г. Неверов, В.Г. Федоров, И.К. Явон, А.И. Неверов/ Опубл. в Бюл. изобр. 1980. №6, с. 14.