

Н. М. Кушніренко, к. техн. н., доцент, О. М. Савінок, к.техн.н., доцент

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЛЕТАЛЬНОЇ ДІЇ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ РЕЖИМІВ СТЕРИЛІЗАЦІЇ РИБНИХ КОНСЕРВІВ

*Одеський національний технологічний університет, Одеса*

**Ключові слова:** рибні консерви, летальність, стерилізуючий ефект, регіональна рибна сировина, режими стерилізації, способи стерилізації, методи розрахунків режимів стерилізації, біологічна цінність рибних консервів.

**Вступ.** Основним способом консервування, який забезпечує тривале зберігання санітарно-безпечної рибної продукції – є стерилізація, зокрема, теплова. Сутність процесу теплової стерилізації полягає в тому, що продукт, укладений в герметично закупорену консервну тару, піддається нагріванню під тиском упродовж визначеного часу. Ефективність теплової стерилізації визначає харчова та біологічна цінність продуктів, доброякісність та сенсорні властивості (консистенція, колір, аромат, смак тощо).

До основних параметрів процесу стерилізації відносять температуру в стерилізаційному апараті, час упродовж якого консерви піддаються нагріванню та протитиск, який іноді використовується для створення необхідної температури стерилізації.

Способи теплової стерилізації, які знайшли застосування в харчовій промисловості поділяють на 6 видів [1, с.204]:

1. Стерилізація – це теплова обробка консервів при 100 °С і вище.
2. Пастеризація – це стерилізація, яка проводиться при температурі нижче 100 °С, у більшості випадків при температурі 80 °С.
3. Гаряче фасування – термічна обробка за рахунок високої температури фасованого продукту та довільного остигання.
4. Тиндалізація або повторна (багаторазова) стерилізація (пастеризація) – полягає в повторній стерилізації двічі або тричі з інтервалами.
5. Дробова теплова стерилізація – це новий варіант повторної стерилізації, запропонований для консервів із гідробіонтів. Він передбачає двостадійну обробку за традиційної температури з проміжною витримкою продукту між варінням.
6. Субстерилізація – це процес неповної стерилізації, в результаті якої отримують напівконсерви (температура зберігання 0–5 °С) та  $\frac{3}{4}$  консерви (потребують пониженої температури зберігання, не вище 15 °С).

**Дослідження існуючих рішень проблеми.** Технологія теплової стерилізації консервів у герметичній тарі, на сучасному етапі, безумовно, не втрачає своєї актуальності, та має ряд переваг, основні з яких – тривале зберігання та санітарна безпечність продукту упродовж всього терміну зберігання.

Sri Naguani Anwar та інші [2] під час розробки режимів стерилізації орієнтувалися на безпеку та якість консервів із жовтоперого тунця, зокрема визначали вплив температури і тривалості обробки на зміни частки білків, ліпідів, мінеральних речовин в продукті. Ефективність процесу стерилізації визначали класичним методом шляхом проведення експериментальних досліджень. Температуру вимірювали упродовж стерилізації за допомогою сальника термопар Ellab вбудованих в реєстратор (TSP Micro,

Ellab, Denmark). Щоб виміряти температуру, науковці помістили термopару безпосередньо над рівнем води в нижню частину реторти. Для температури основного продукту вимірювання проводилося шляхом розміщення термopари всередині банки перед запаюванням. Ця термopара знаходилася в середині банки і була спрямована вгору до геометричного центру і трималася начинкою з м'яса тунця (шматками та пластівцями). Реєстрація температурних змін відбувалася упродовж всього процесу стерилізації. Записані температури були опрацьовані за допомогою системи Pro Multi Reader, Ellab, Данія і прикладного програмного забезпечення ValSuite Pro, Ellab. Дані летальності автоматично розраховані програмним забезпеченням. Автори зазначають, що процес консервування, виконаний у цьому дослідженні, відповідає стандартам Food and Agriculture Organization for the United Nations (UN-FAO, 1988) [3].

Під час розробки нових видів консервів, в останні роки науковці надають перевагу якості і біологічній цінності продукту. Наприклад, основними критеріями для оцінки рибних консервів із сардин [4] були сенсорні показники та біологічна цінність продукту – співвідношення  $\omega_3/\omega_6$  жирних кислот, співвідношення поліненасичених жирних кислот до насичених жирних кислот тощо і фактори, які негативно на них впливають. Вибір режимів стерилізації базувався на літературних джерелах (115 °C, 45 хв;  $F_0 = 7$  хв [5].

Стерилізація є основним процесом, який визначає переваги саме цієї групи рибної продукції і є значущим етапом під час розробки нових технологій. Тому визначенню летальної дії режимів стерилізації для технології рибних консервів приділяється основна увага науковців та виробників. Для цього використовують сучасні графічні та аналітичні методи оцінки фактичної ефективності процесу стерилізації, які спираються на математичну модель загибелі мікроорганізмів, основу на залежності параметрів їх термостійкості від температури і тривалості теплового впливу. Як і раніше, основною та обов'язковою умовою для наукового обґрунтування режимів стерилізації є виконання нерівності  $L_{T^{\circ}C}^{Z^{\circ}C} \geq F_{T^{\circ}C}^{Z^{\circ}C}$ , тобто. величина фактичної летальності процесу стерилізації  $L_{T^{\circ}C}^{Z^{\circ}C}$  має бути більшою або дорівнює, а в сучасній нормативній документації (НД) – більше на 10...25 %, необхідної  $F_{T^{\circ}C}^{Z^{\circ}C}$  за збудником специфічного псування *St. srogo genes* штам 25, зазначеної в НД [1, с.268].

Класичним методом визначення необхідного часу стерилізації та оцінки стерилізуючого ефекту, є графічний метод Бігелу-Болла [1, с.221]. Цей метод передбачає побудову кривих прогріву продукту та апарату, а також відповідної кривої летальності тест-мікроорганізму, визначення площі, обмеженої кривою летальності, що характеризує фактичну летальність реального режиму. Незважаючи на простоту, метод Бігелу-Болла має певні недоліки, одним з яких є трудомісткість. Метод дозволяє визначити момент досягнення стерильності консервів, але унеможлиблює порівняння стерилізуючих ефектів режимів за різних температур (107, 112, 120 °C). У модифікації Болла частина недоліків усувається шляхом перерахунку летальності до постійної температури.

Простий, досить точний, універсальний метод було запропоновано Флауменбаумом Б.Л. [1, с. 248]. Цей метод може бути використаний для визначення нових режимів стерилізації під час розробки нових видів консервів, використання нових видів тари, а також – оптимізації діючих режимів. Флауменбаум вперше ввів поняття про необхідний рівень стерильності певної партії консервів.

Летальну дію режиму стерилізації за цим методом виражають через загибель тест-організму в умовних хвилинах базисної температури (для малокислотних консер-

вів 121,1 °C та 80 °C – для кислотних). Використовуючи цей метод, можна розрахувати фактичну летальність без побудови кривих прогріву продукту та летальності тест-мікроорганізму [1, с. 255].

У рибній промисловості класичний метод Бігелоу-Болла в модифікації Б.Л. Флауменбаумом, використовується вже давно і не втрачає своєї актуальності і нині.

Для оптимізації режимів стерилізації з метою збереження біологічної цінності продукту, Ч. Стамбо [1, с.260] був запропонований аналітичний метод оцінки фактичної летальності як інтегральну суму летальностей кожного шару продукту. Сутність методу полягає в тому, що в банці є різні точки або ділянки виживання мікроорганізмів в порівнянні з її геометричним центром. Хоча цей метод є найточнішим, але через трудомісткість для інженерних розрахунків не знайшов застосування.

Sri Naryani Anwar та інші [6] під час розробки режимів стерилізації орієнтувалися на безпеку та якість консервів із жовтоперого тунця, зокрема визначали вплив температури і тривалості обробки на зміни частки білків, ліпідів, мінеральних речовин в продукті. Ефективність процесу стерилізації визначали класичним методом шляхом проведення експериментальних досліджень. Температуру вимірювали упродовж стерилізації за допомогою термопар Ellab вбудованих в реєстратор (TSP Micro, Ellab, Denmark). Щоб виміряти температуру, науковці помістили термопару безпосередньо над рівнем води в нижню частину реторти. Для температури основного продукту вимірювання проводилося шляхом розміщення термопари всередині банки перед запаюванням. Ця термопара знаходилася в середині банки і була спрямована вгору до геометричного центру і трималася начинкою з м'яса тунця (шматками та пластівцями). Реєстрація температурних змін відбувалася упродовж всього процесу стерилізації. Записані температури були опрацьовані за допомогою системи Pro Multi Reader, Ellab, Данія і прикладного програмного забезпечення ValSuite Pro, Ellab. Дані летальності автоматично розраховані програмним забезпеченням. Автори зазначають, що процес консервування, виконаний у цьому дослідженні, відповідає стандартам Food and Agriculture Organization for the United Nations (UN-FAO, 1988) [7]. Однак, автори не акцентують увагу на значній кількості проведених експериментальних досліджень.

Під час розробки нових видів консервів, в останні роки науковці надають перевагу якості і біологічній цінності продукту. Наприклад, основними критеріями для оцінки рибних консервів із сардин [8] були сенсорні показники та біологічна цінність продукту – співвідношення  $\omega_3/\omega_6$  жирних кислот, співвідношення поліненасичених жирних кислот до насичених жирних кислот тощо і фактори, які негативно на них впливають. Вибір режимів стерилізації базувався на літературних джерелах (115 °C, 45 хв;  $F_0 = 7$  хв [9]). Але автори цих досліджень, використали режими стерилізації із літературних джерел, не використовуючи метод Ч. Стамбо [1, с.260].

Отже, нині, з наявних методів розрахунку фактичної летальності перевагу надають математичним методам. Недосконалість більшості з них, а також необхідність завищення фактичної летальності, порівняно з її нормативним значенням, призводить до того, що параметри стерилізації, які регламентуються НД, мають значний неврахований запас летальності, зокрема, для рибних консервів з хребетною кісткою. Удосконалення процесу теплової стерилізації можливе лише шляхом точного дозування тепла, тобто коригування тривалості періоду нагрівання вмісту консервів.

Для наукового обґрунтування режимів стерилізації необхідно обов'язково визначати фактичну летальність режимів стерилізації та виконувати умови наступної нерівності  $L_{T^{\circ}C}^{Z^{\circ}C} \geq F_{T^{\circ}C}^{Z^{\circ}C}$ , перевищення має становити 10...20 % – для гомогенних та 20...25 % – для гетерогенних продуктів [1, с.256].

**Мета та основні задачі.** Основною метою даної наукової роботи є встановлення можливості використання методів визначення летальної дії для розрахунків режимів стерилізації рибних консервів, зокрема натуральних, із філе товстолобика. Для реалізації поставленої мети були визначені наступні задачі:

- вибір режимів стерилізації та визначення фактичної летальності;
- перевірка об'єктивності здійснених розрахунків;
- порівняльний аналіз розрахунків модифікованим методом Флауменбаума і методом рекомендованим Food and Agriculture Organization of the United Nations.

**Матеріали та методи досліджень.** В процесі виробництва консервів стерилізація – це найбільш складний і відповідальний етап технології, який визначає якість готової продукції і його мікробіологічну стабільність під час зберігання.

В світовій практиці консервування для оцінки мікробіологічної ефективності процесу стерилізації введено величину летальності  $L_{T^{\circ}C}^{Z^{\circ}C}$  (або стерилізуючого ефекту), під якою розуміють тривалість теплової обробки продукту при якій-небудь постійній температурі, яка прийнята за еталон. Найчастіше за еталон приймають 121,1 °С для малокислотних консервів ( $pH \geq 4,2$ ) і 80 °С для кислотних продуктів ( $pH < 4,2$ ) [11, 12].

Однак в реальних умовах стерилізація завжди проводиться не при одній постійній температурі, а за змінним режимом, коли температура в апараті і в банці поступово підвищується і досягає якого-небудь максимального значення, затримується на ньому і потім плавно знижується.

Для оцінки мікробіологічної ефективності режиму стерилізації за заданим режимом через визначені проміжки часу, при графічному зображенні кривих прогрівання автоклаву і банки видно, що через термічний опір тари і продукту крива прогрівання продукту відстає від кривої прогрівання апарату (рис. 1).

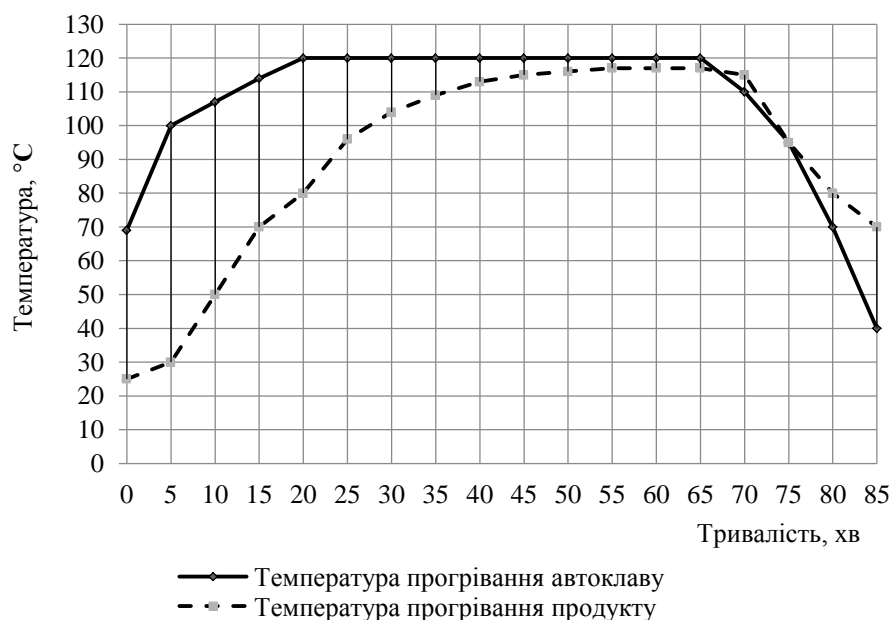


Рисунок 1 – Теоретичні криві прогрівання під час стерилізації [1, с.257]

Із рис. 1 видно, що стерилізація консервів являє собою нестационарний тепловий

процес, під час якого центр банки піддається дії змінного температурного поля, при цьому кожна температура, починаючи наприклад з 95...100 °С (для малокислотних консервів) і з 60 °С (для кислотних харчових продуктів) дає якусь частку смертельного ефекту. Ця частка буде тим більшою, чим вища температура продукту.

Летальну дію даного, реального теплового впливу на мікроорганізми, які знаходяться всередині консервної банки, перераховують на дію температури, яка прийнята за еталон.

Для перерахунку користуються аналітичним вираженням кривих смертельного часу, які характеризують залежність між температурою і смертельним часом [1, с.257]:

$$\lg \frac{y}{\tau} = \frac{T_e - T_d}{z}, \quad (1)$$

де  $y$  – визначений відрізок часу, на протязі якого в продукті підтримувалась будь-яка дана температура  $T_a$ , хв;  $\tau$  – шуканий смертельний час за температури  $T_e$ , яка взята за еталон для порівняння з нею дії будь-яких інших температур  $T_d$ . за своєю дією на мікроорганізми час, еквівалентний часу  $y$ ;  $z$  – кінетична константа, яка характеризує термостійкість мікроорганізмів в змінному температурному полі (різниця температур за один логарифмічний цикл на шкалі смертельного часу), °С.

Із цієї формули необхідно для кожного відрізка часу  $y$ , відповідному даній температурі продукту в момент вимірювання, визначити відповідне йому значення еталонного смертельного часу  $\tau$ , яке має іншу назву – летальність відрізка  $y$ . Підсумувавши знайдені значення  $\tau$ , ми отримуємо летальність всього процесу стерилізації. Із формули (1) еталонний смертельний час  $\tau$ :

$$\tau = \frac{y}{10^{\frac{T_e - T_d}{z}}}. \quad (2)$$

Якщо за еталон прийняти температуру 121,1 °С, то еталонний смертельний час  $\tau$  прийнято називати  $F$ , а конкретний час  $y$  –  $U$ :

$$F = U \times \frac{1}{10^{\frac{121,1 - T_d}{z}}}. \quad (3)$$

Формула (4) показує, що величина  $\frac{1}{10^{\frac{121,1 - T_d}{z}}}$  є своєрідним «перевідним коефіціє-

нтом», добуток якого на час  $U$  переводить реальний відрізок часу на час дії еталонної температури (позначають  $L_{T_0C}^{z_0C}$ ).

Користуючись поняттям про летальність ( $F$ - ефект), можна проаналізувати будь-яку криву прогрівання процесу стерилізації і дати їй кількісну оцінку. Для цього за температурами центра банки знаходять в спеціальних таблицях або розраховують за фо-

рмулою  $\frac{1}{10^{\frac{T_e - T_d}{z}}}$  перевідні коефіцієнти.

За знайденими значеннями будують криву летальності в координатах «тривалість стерилізації» – перевідний коефіцієнт  $K_F$  (рис. 2).

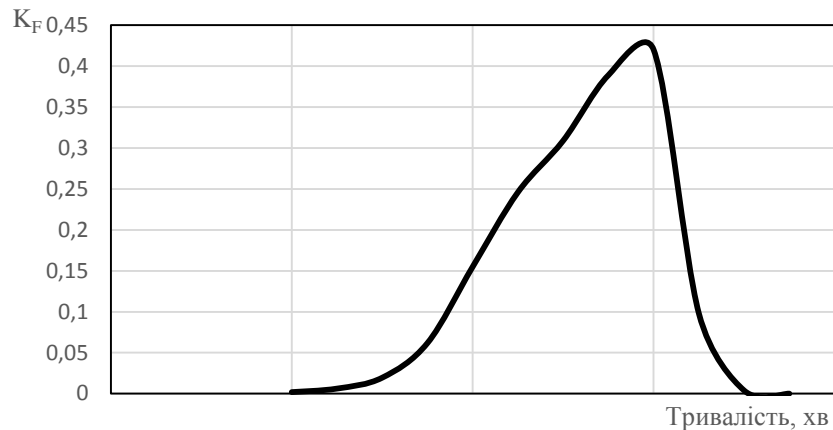


Рисунок 2 – Теоретична крива перевідних коефіцієнтів [1, с.259]

Площа, обмежена кривою летальності, являє собою визначений інтеграл і є стерилізуючим ефектом даного процесу стерилізації, який враховує дію температури упродовж всього процесу стерилізації [1, с.260]:

$$L_{T^0C}^{Z^0C} = \int_0^{\tau} K_F \partial \tau. \quad (4)$$

Площу, обмежену кривою летальності ( $F$ -ефекту), розраховують приблизним інтегруванням за методом прямокутників

$$L_{T^0C}^{Z^0C} = \int_a^b K_F \partial \tau = \tau_p (K_{F_1} + K_{F_2} + \dots K_{F_n}). \quad (5)$$

Таким чином, стерилізуючим ефектом або летальністю даного режиму стерилізації консервів називають тривалість деякого умовного стаціонарного режиму теплової обробки (за еталонної температури), еквівалентного, за дією на мікроорганізми, даному реальному режиму стерилізації, який проводиться в змінному температурному полі, за умови, що вміст негайно, з самого початку процесу, нагрівається до  $T_e = 121,1$  °C витримується за цієї температури упродовж  $F$  хв, після чого негайно охолоджується до сублетальної температури.

Для вирішення питання про те, наскільки даний режим стерилізації є надійним і оптимальним, отримане розрахунковим шляхом значення летальності порівнюють з нормативним значенням, встановленим мікробіологічним шляхом для даного виду або групи консервів.

**Результати дослідження.** Основною і обов'язковою вимогою наукового обґрунтування режимів стерилізації консервів є забезпечення їх доброякісності і мікробіологічної стабільності під час зберігання, а саме виконання умови –  $L_{T^{\circ}C}^{Z^{\circ}C} \geq F_{T^{\circ}C}^{Z^{\circ}C}$ .

Математичний метод розрахунку ефективності режимів стерилізації, запропонований та розроблений Б.Л. Флауменбаумом дозволяє врахувати фактичну летальність за різних режимів стерилізації; встановити, чи достатньо даний режим чи ні, чи відбувається за даного режиму перестерилізація продукту; встановити нові, більш скорочені режими за підвищених температур, за яких досягається необхідна летальність. Математичний метод розшифрування і розробки режимів стерилізації консервів повністю себе виправдав і в даний час є дієвим засобом дослідження науково-обґрунтованих і надійних режимів стерилізації консервованих продуктів.

Головними параметрами, які характеризують процес теплової стерилізації консервів, є температура стерилізації, за якої витримують продукти що консервуються, і час, упродовж якого їх піддають нагріванню.

Критерієм оцінки режимів стерилізації служить запропоноване Ч. Боллом і модифіковане Б.Л. Флауменбаумом поняття про величину « $F$ » як час обробки мікроорганізмів за температури 121,1 °С або 250 °С Фаренгейта.

Математичний аналіз даного режиму стерилізації полягає в розрахунку ефекту, який стерилізує, або летальності всього режиму стерилізації від початку до кінця, тобто у встановленні зв'язку між формулою стерилізації, що є найважливішою характеристикою процесу, і летальністю режиму, яка б показала ступінь знищення мікроорганізмів.

$F$ -ефектом, або летальністю даного режиму стерилізації називається тривалість деякого уявного стаціонарного режиму теплової обробки, еквівалентного за дією на мікроорганізми даному реальному нестационарному режиму стерилізації, що проводиться в змінному температурному полі, за умови, що вміст банки із самого початку процесу нагрівається до 121,1 °С, витримується за цієї температури  $F$  хвилин, після чого негайно охолоджується до сублетальної температури.  $L_{T^{\circ}C}^{Z^{\circ}C}$ -ефект розраховується за формулою 5.

Співставлення фактичної та нормативної летальності дозволить відразу зробити необхідну мікробіологічну оцінку досліджуваного процесу стерилізації консервів.

За основу для розрахунків були використані консерви натуральні «Філе товстолобика», рецептура яких наведена в таблиці 1. Для розробки продукту була використана регіональна рибна сировина, яка є в достатній кількості для промислової переробки на Півдні країни.

Під час розробки режимів стерилізації рибних консервів основними чинниками, на які орієнтувалися, були: летальність збудників ботулізму *C1. Botulinum*, а також гнильних анаеробів типу *C1. Sprogoenes*, які є більш термостійкими і характерними для більшості рибних консервів. Норми необхідної летальності наведено у [1, с.256].

Найбільш поширений метод підрахунку нормативної летальності  $F_{T^{\circ}C}^{Z^{\circ}C}$  оснований на використанні величини  $D_T$ , початкової кількості спор в продукті, що прогрівається, обсягу продукті в одиниці упаковки і допустимого відсотку бактеріологічного браку.

В цьому випадку:

$$F_T^Z = D_T \cdot \left( \lg \frac{C_0 \cdot V \cdot 100}{S} + X \right), \quad (6)$$

де  $C_0$  – початкова концентрація спор (клітин) того мікроорганізму, по відношенню до якого розраховується режим стерилізації; спор/г або спор/см<sup>3</sup>;  $V$  – об'єм (маса) продукту в одній одиниці упаковці; см<sup>3</sup> або г;  $S$  – допустимий бактеріологічний брак; %;  $D_T$  – константа виживання мікроорганізмів при 121,1 °С; хв;  $Z$  – константа термостійкості даного виду мікроорганізмів; °С.

Вихідна забрудненість продуктів спорами термостійких мікроорганізмів може бути від 1 спори в 100 см<sup>3</sup> до 100 спор в 1 см<sup>3</sup> в залежності від бактеріологічного стану сировини і технології приготування консервів. Початкова концентрація спор *C. Sporogenes* приймаються рівною 1 ... 100 спор/г.

Константи термостійкості *C. Sporogenes* для рибних натуральних консервів  $D_{121} = 0,6$  хв; константа  $Z = 10$  °С [1, с.212].

Термічне консервування вважається не ефективним, якщо бактеріологічний брак ( $S$ ), викликаний мікроорганізмами безпечними для здоров'я людини становить 1 %, і є цілком достатнім, якщо він дорівнює 0,01 %.

Поправка на відхилення від експоненціального порядку відмирання клітин або спор ( $X$ ) приймаються рівним 2.

В процесі виробництва консервів стерилізація не тільки заключний, але і найбільш складний і відповідальний етап технології, який визначає якість готової продукції і її мікробіологічну стабільність під час зберігання, тобто, стерильність. Тому в світовій практиці для оцінки ефективності нормативної летальності прийнято за еталонну температуру 121,1 °С для малоокислотних консервів.

Однак, в реальних умовах стерилізація проводиться не при одній постійній температурі, а за змінним режимом, коли температура в апараті і в банці поступово підвищується і досягає максимального значення, затримується на ньому і потім плавно знижується. На практиці, всі режими стерилізації розраховуються для температури наближеної до 121,1 °С – це температура 120 °С. Застосування в технології рибних консервів температури 120 °С дозволяє уніфікувати розрахунки режимів стерилізації за рахунок використання перехідних коефіцієнтів [1, с.259]. Тому в подальших розрахунках необхідної летальності режиму стерилізації використана температура стерилізації 120 °С.

Продукт, який використовувався як зразок для розрахунків – «Товстолобик апетитний». Рецептuru консервів з товстолобика наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Рецептuru консервів «Товстолобик апетитний» (на 1000 ум.б. кг)

Найменування сировини	Норми закладки компонентів, кг	Рецептура бульону	Норми закладки компонентів, кг
Товстолобик	280	Кістки рибні, луска,	
Перець чорний (горошок)	0,08	плавці	60,0
гвоздика	0,08	морква	2,0
Лавровий лист	0,04	Цибуля ріпчаста	2,0
перець духмяний	0,08	Петрушка (корінь)	1,0
сіль	3,0	Лавровий лист	0,03
		гвоздика	0,05
		Перець чорний горошком	0,05
		сіль	2,0
Вихід	250		100



Розрахунок необхідної летальності режиму стерилізації рибних натуральних консервів за еталонної температури:

$$\text{«Товстолобик апетитний»} - F_{n=0,6}^{Z_{T=100}^{0C}} = 5,64 \text{ ум.хв}$$

Величина  $F_{T=100}^{Z_{0C}}$  узгоджується з летальністю, наведеною в технічній нормативній літературі [1, с.256].

Для визначення фактичної летальності  $L_{T=100}^{Z_{0C}}$  запропонованого асортименту консервів з філе товстолобика використали вже розроблений і затверджений режим стерилізації натуральних консервів, яким користувалися [1, 13]. Значення перехідного коефіцієнта  $K$  та значення  $L_{T=100}^{Z_{0C}}$  обчислили за формулою 5. Для цього використали формули стерилізації та побудували відповідні криві прогрівання банки і автоклаву.

Криві прогрівання автоклаву, консервів і летальність режиму стерилізації наведені на рис. 3.

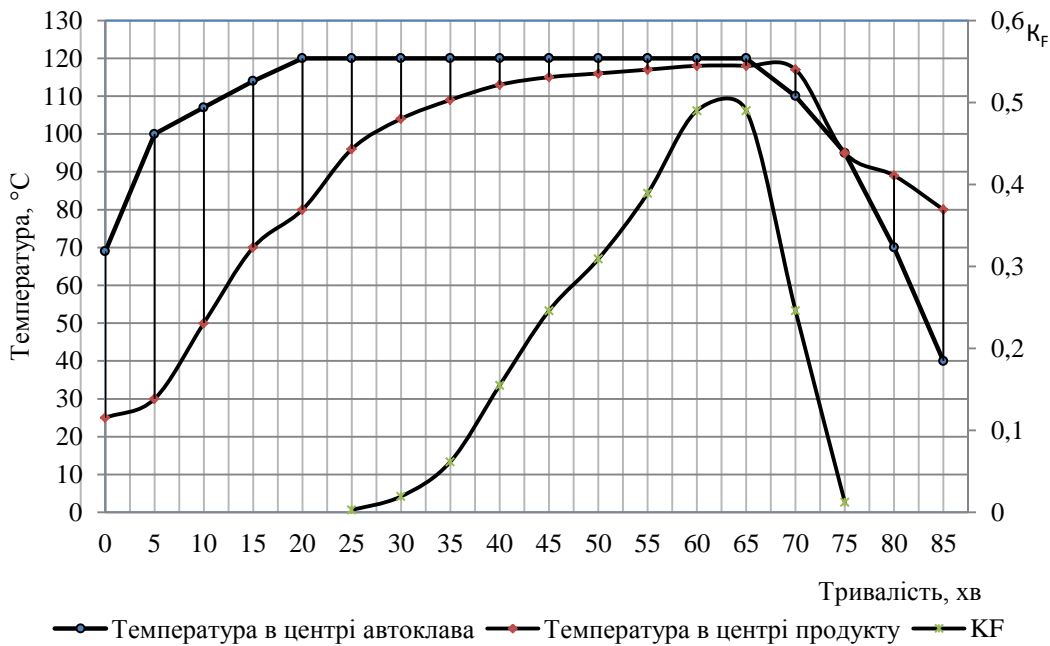


Рисунок 3 – Характеристика режиму стерилізації консервів «Товстолобик апетитний» 5-15-45-20/120 (за розрахунками Б.Л. Флауменбаума)

$$\text{«Товстолобик апетитний»} - \text{режим стерилізації} \frac{5-15-45-20}{120 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$L_{T=100}^{Z_{0C}} = 5 \cdot 2,4217 = 12,1 \text{ ум.хв}$$

Використовуючи світові практики розрахунків фактичної летальності режиму стерилізації за методом [10, с.3] побудували криві прогрівання автоклаву і банки аналогічного режиму стерилізації (рис. 4).

Таблиця 2 – Результати розрахунку фактичного режиму стерилізації консервів «Товстолобик апетитний» (філе) за формулами та коефіцієнтами (5) Б.Л. Флауменбаума

Тривалість стерилізації, хв	Температура в автоклаві, °С	Температура в центрі банки, °С	Перевідний коефіцієнт $K_F$	$\Sigma K_F$	Фактична летальність режиму стерилізації $L_{T^{0C}}^{Z^{0C}}$
0	69	25			
5	100	30			
10	107	50			
15	114	70			
20	120	80			
25	120	96	0,0031		
30	120	104	0,0195	0,0226	0,113
35	120	109	0,0618	0,0844	0,422
40	120	113	0,155	0,2394	1,197
45	120	115	0,246	0,4854	2,427
50	120	116	0,309	0,7944	3,972
55	120	117	0,389	1,1834	5,917
60	120	118	0,49	1,6734	8,367
65	120	118	0,49	2,1634	10,817
70	110	117	0,246	2,4094	12,047
75	95	95	0,0123	2,4217	<b>12,1085</b>
80	70	89			
85	40	80			

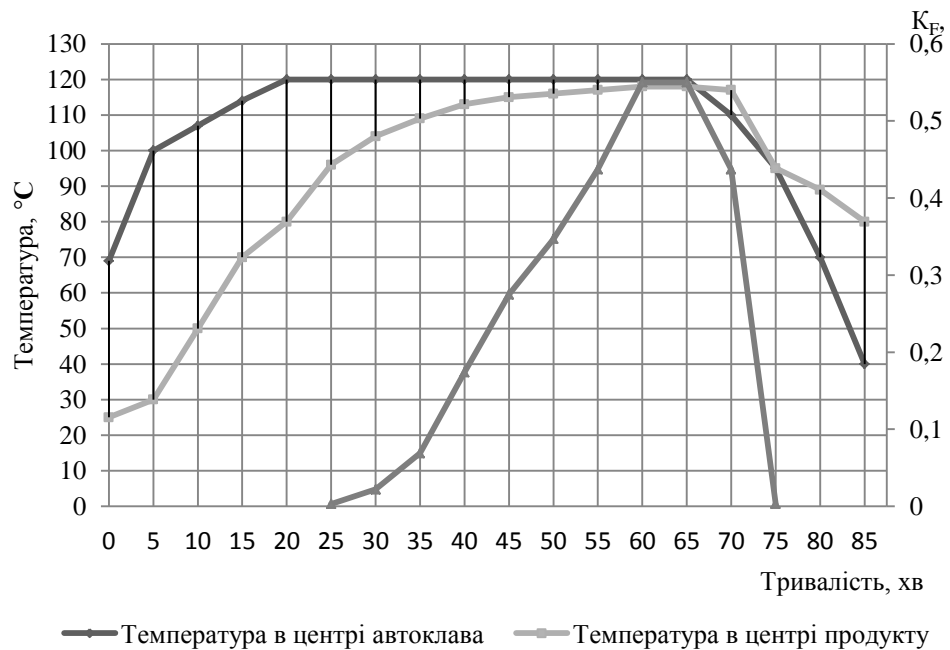


Рисунок 4 – Характеристика режиму стерилізації консервів «Товстолобик апетитний» 5-15-45-20/120

Таблиця 3 – Результати розрахунку фактичного режиму стерилізації консервів «Товстолобик апетитний» (філе) за формулами (коефіцієнтами) Food and Agriculture Organization of the United Nations [10, с.3].

Тривалість стерилізації, хв	Температура в автоклаві, °С	Температура в центрі банки, °С	Перевідний коефіцієнт $KF$	$\Sigma KF$	Фактична летальність режиму стерилізації $L_{T^{\circ C}}^{Z^{\circ C}}$
0	69	25			
5	100	30			
10	107	50			
15	114	70			
20	120	80			
25	120	96	0,003		
30	120	104	0,022	0,025	0,125
35	120	109	0,069	0,094	0,47
40	120	113	0,174	0,268	1,34
45	120	115	0,275	0,543	2,715
50	120	116	0,347	0,89	4,45
55	120	117	0,437	1,327	6,635
60	120	118	0,55	1,877	9,385
65	120в	118	0,55	2,427	12,135
70	110	117	0,437	2,864	14,32
75	95	95	0,003	2,867	<b>14,335</b>
80	70	89			
85	40	80			

«Товстолобик апетитний» – режим стерилізації  $\frac{5-15-45-20}{120^{\circ C}}$ .

$$L_{T^{\circ C}}^{Z^{\circ C}} = 5 \cdot 2,867 = 14,335 \text{ ум.хв.}$$

**Висновки.** Проаналізовані методи розрахунків фактичної летальності. Обрано два методи розрахунків – модифікований метод Б.Л. Флауменбаума та метод Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Основою для розрахунків були натуральні рибні консерви з філе товстолобика. За обраними методами і нормативною летальністю здійснили розрахунки фактичної летальності. Порівняльний аналіз отриманих значень фактичної летальності, дозволяє зазначити, що фактична летальність, розрахована за модифікованим методом Б.Л. Флауменбаума становить  $L_{T^{\circ C}}^{Z^{\circ C}} = 12,1 \text{ ум.хв}$ , а методом Food and Agriculture Organization of the United Nations –  $L_{T^{\circ C}}^{Z^{\circ C}} = 14,335 \text{ ум.хв}$ , що вище ніж в 2 рази ніж нормативна летальність  $F_{T^{\circ C}}^{Z^{\circ C}} = 5,5$  для рибних натуральних консервів малоокисlotної групи з  $pH > 4,2$ .

Наведені розрахунки та аналіз розрахованої фактичної летальності за обома ме-

тодами показав, що розрахункова фактична летальність майже в два рази перевищує нормативну, тобто тривалість стерилізації можна обґрунтовано скорочувати.

Для практичного застосування на підприємстві, отримані режими необхідно перевірити на промисловому обладнанні. Основними критеріями оцінки можуть бути сенсорні та мікробіологічні показники. Це дозволить визначити числові значення режимів стерилізації для даного обладнання на конкретному підприємстві.

Отже, використання методів визначення фактичної летальності дозволяє розраховувати режими стерилізації рибних консервів, зменшити кількість попередніх експериментальних досліджень, що значно прискорить розробку і впровадження технології у виробництво.

#### Література

1. Фізико-хімічні і біологічні основи консервного виробництва / Б.Л. Флауменбаум, А.Т. Безусов, В.М. Сторожук, Г.П. Хомич. – Одеса: Друк, 2006. – 400 с.
2. Sri Haryani Anwar, R W Hifdha, Hafidh Hasan, Syarifah Rohaya, Martunis Martunis. Optimizing the sterilization process of canned yellowfin tuna through time and temperature combination. February 2020. Conf. Series: Earth and Environmental Science 425. (2020). 012031. DOI:10.1088/1755-1315/425/1/012031. URL.: <https://www.researchgate.net/publication/339129063>.
3. David Lubin THE STATE OF FOOD AND AGRICULTURE 1987-88 FAO Agriculture Series. Rome (Italy), No. 21. 1988. p. 161/ URL.: <https://www.fao.org/4/ap667e/ap667e.pdf>.
4. Reblová Z, Aubourg SP, Pokorný J. The Effect of Different Freshness of Raw Material on Lipid Quality and Sensory Acceptance of Canned Sardines. Foods. 2022 Jul 5;11(13):1987. doi: 10.3390/foods11131987. PMID: 35804805; PMCID: PMC9265563.
5. Banga J., Alonso A., Gallardo JM, Pérez-Martín R. Mathematical modeling and modeling of thermal treatment of anisotropic and non-homogeneous canned foods, heated with a conductor: use to canned tuna. J. Food англ. 1993;18:369-387. doi: 10.1016/0260-8774(93)90053-M.
6. Sri Haryani Anwar, R W Hifdha, Hafidh Hasan, Syarifah Rohaya, Martunis Martunis. Optimizing the sterilization process of canned yellowfin tuna through time and temperature combination. February 2020. Conf. Series: Earth and Environmental Science 425. (2020). 012031. DOI:10.1088/1755-1315/425/1/012031. URL.: <https://www.researchgate.net/publication/339129063>.
7. David Lubin THE STATE OF FOOD AND AGRICULTURE 1987-88 FAO Agriculture Series. Rome (Italy), No. 21. 1988. p. 161/ URL.: <https://www.fao.org/4/ap667e/ap667e.pdf>.
8. Reblová Z, Aubourg SP, Pokorný J. The Effect of Different Freshness of Raw Material on Lipid Quality and Sensory Acceptance of Canned Sardines. Foods. 2022 Jul 5;11(13):1987. doi: 10.3390/foods11131987. PMID: 35804805; PMCID: PMC9265563.
9. Banga J., Perez-Martin R, Gallardo J., Casares J. \*Optimization of the thermal processing of conduction-heated canned foods: Study of several objective functions. J. Food англ. 1991;14:25-51. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(91\)90052-T](https://doi.org/10.1016/0260-8774(91)90052-T).
10. Food and Agriculture Organization of the United Nations, GLOBEFISH, Products, Trade and Marketing Service, Fisheries and Aquaculture Policy and Economics Division Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy – Tel: (39) 06570 52692 E-mail: [globefish@fao.org](mailto:globefish@fao.org); [globefish-pub@fao.org](mailto:globefish-pub@fao.org). URL.: [www.globefish.org](http://www.globefish.org).

11. Технологія консервної галузі. Теоретичні основи харчових технологій [Текст] : посіб. До практ. Занять для ЗВО : навч. Посіб. / А.Т. Безусов, Г.І. Палвашова, О.М. Мирошніченко та ін. ; за ред. А.Т. Безусова ; Одес. Нац. Акад. харчових технологій. – Одеса : Освіта України, 2018. – 100 с. : табл., рис. – Бібліогр.: с. 97–98. URL.: <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONANT.1413496>.

12. Технології зберігання, консервування та переробляння м'яса [Електронний ресурс] : навч. Посіб. Ч. 2 : Технології виробництва м'ясних продуктів (у схемах і таблицях) / М.О. Янчева, О.Б. Дроменко, В.А. Большакова, В.М. Онищенко ; Харків. Держ. Ун-т харчування та торгівлі. – Харків : ХДУХТ, 2018. – 105 с. URL.: <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONANT.2054478>.

13. Добробабіна, Л.Б. Наукові основи комплексу технологій харчових продуктів з гідробіонтів : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.18.16 "Технологія продуктів харчування" / Добробабіна Любов Борисівна ; наук. консультант А.Т. Безусов ; Одес. нац. акад. харч. технологій. – Одеса : ОНАХТ, 2008. – 36 с. <https://card-file.ontu.edu.ua/items/1b18a3dd-15a3-451b-86a1-87a8eb5603de/full>.

#### Bibliography (transliterated)

1. Fyzy`ko-ximichni i biologichni osnovy` konservnogo vy`robny`cztva / B.L. Flaumenbaum, A.T. Bezusov, V.M. Storozhuk, G.P. Xomy`ch. – Odesa: Druk, 2006. – 400 p.

2. Sri Haryani Anwar, R W Hifdha, Hafidh Hasan, Syarifah Rohaya, Martunis Martunis. Optimizing the sterilization process of canned yellowfin tuna through time and temperature combination. February 2020. Conf. Series: Earth and Environmental Science 425. (2020). 012031. DOI:10.1088/1755-1315/425/1/012031. URL.: <https://www.researchgate.net/publication/339129063>.

3. David Lubin THE STATE OF FOOD AND AGRICULTURE 1987-88 FAO Agriculture Series. Rome (Italy), No. 21. 1988. p. 161/ URL.: <https://www.fao.org/4/ap667e/ap667e.pdf>.

4. Reblová Z, Aubourg SP, Pokorný J. The Effect of Different Freshness of Raw Material on Lipid Quality and Sensory Acceptance of Canned Sardines. Foods. 2022 Jul 5;11(13):1987. doi: 10.3390/foods11131987. PMID: 35804805; PMCID: PMC9265563.

5. Banga J., Alonso A., Gallardo JM, Pérez-Martín R. Математичне моделювання та моделювання термічної обробки анізотропних та негомогенних консервованих харчових продуктів, нагрітих кондукцією: застосування до консервованого тунця. J. Food англ. 1993;18:369-387. doi: 10.1016/0260-8774(93)90053-M.).

6. Sri Haryani Anwar, R W Hifdha, Hafidh Hasan, Syarifah Rohaya, Martunis Martunis. Optimizing the sterilization process of canned yellowfin tuna through time and temperature combination. February 2020. Conf. Series: Earth and Environmental Science 425. (2020). 012031. DOI:10.1088/1755-1315/425/1/012031. URL.: <https://www.researchgate.net/publication/339129063>.

7. David Lubin THE STATE OF FOOD AND AGRICULTURE 1987-88 FAO Agriculture Series. Rome (Italy), No. 21. 1988. p. 161/ URL.: <https://www.fao.org/4/ap667e/ap667e.pdf>.

8. Reblová Z, Aubourg SP, Pokorný J. The Effect of Different Freshness of Raw Material on Lipid Quality and Sensory Acceptance of Canned Sardines. Foods. 2022 Jul 5;11(13):1987. doi: 10.3390/foods11131987. PMID: 35804805; PMCID: PMC9265563.

9. Banga J., Perez-Martin R, Gallardo J., Casares J. Optimization of the thermal processing of conduction-heated canned foods: Study of several objective functions. *J. Food* англ. 1991;14:25-51. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(91\)90052-T](https://doi.org/10.1016/0260-8774(91)90052-T).

10. Food and Agriculture Organization of the United Nations, GLOBEFISH, Products, Trade and Marketing Service, Fisheries and Aquaculture Policy and Economics Division Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy – Tel: (39) 06570 52692 E-mail: [globefish@fao.org](mailto:globefish@fao.org); [globefish-pub@fao.org](mailto:globefish-pub@fao.org). URL.: [www.globefish.org](http://www.globefish.org).

11. *Texnologiya konservnoyi galuzi. Teoretychni osnovy` xarchovy`x texnologij [Tekst] : posib. Do prakt. Zanyat` dlya ZVO : navch. Posib. / A.T. Bezusov, G.I. Palvashova, O.M. My`roshny`chenko ta in.; za red. A.T. Bezusova ; Odes. Nacz. Akad. xarchovy`x texnologij. – Odesa : Osvita Ukrayiny`, 2018. – 100 p.: tabl., ry`s. – Bibliogr.: p. 97–98. URL.: <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1413496>.*

12. *Texnologiyi zberigannya, konservuvannya ta pereroblyannya m'yasa [Elektronny`j resurs] : navch. Posib. Ch. 2 : Texnologiyi vy`robnny`chtva m'yasny`x produktiv (u sxemax i tably`cyax) / M.O. Yancheva, O.B. Dromenko, V.A. Bol`shakova, V.M. Ony`shhenko; Xarkiv. Derzh. Un-t xarchuvannya ta torgivli. – Xarkiv : XDUXТ, 2018. – 105 p. URL.: <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.2054478>.*

13. Dobrobabina, L.B. *Naukovi osnovy kompleksu tekhnolohiy kharchovykh produktiv z hidrobiontiv : avtoref. dys. ... d-ra tekhn. nauk : spets. 05.18.16 "Tekhnolohiya produktiv kharchuvannya" / Dobrobabina Lyubov Borysivna ; nauk. konsul'tant A.T. Bezusov ; Odes. nats. akad. kharch. tekhnolohiy. – Odesa : ONAKhT, 2008. – 36 p. <https://card-file.ontu.edu.ua/items/1b18a3dd-15a3-451b-86a1-87a8eb5603de/full>.*

УДК 664.951.6:579.017.6:57.083

Н. М. Кушніренко, к. техн. н., доцент, О. М. Савінок, к. техн. н., доцент

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЛЕТАЛЬНОЇ ДІЇ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ РЕЖИМІВ СТЕРИЛІЗАЦІЇ РИБНИХ КОНСЕРВІВ**

В статті наведено розрахунки режиму стерилізації методом визначення летальної дії запропонованого Б.Л. Флауменбаумом. Модифікований метод Флауменбаума рекомендований для розрахунків режимів стерилізації під час розробки нових рецептур і технологій рибних консервів, а також оптимізації діючих режимів, пов'язаних зі зміною обладнання. Основний критерій, який виражає летальну дію режиму стерилізації за цим методом – є загибель тест-організму в умовних хвилинах базисної температури (для малоокислотних консервів 121,1 °С та 80 °С – для кислотних). Використання цього методу дозволяє розрахувати фактичну летальність без побудови кривих прогріву продукту та летальності тест-мікроорганізму, що скорочує кількість практичних досліджень та значно спрощує роботу технолога на підприємстві під час розробки нового асортименту продукції.

Процес стерилізації консервів із рибної сировини вимагає особливої уваги, що пов'язано із особливостями хімічного складу. Збереження біологічної цінності консервів на сьогодні є пріоритетним, тому науковці намагаються зробити цей етап техноло-

гічного процесу короткочасним, найменш жорстким за інтенсивністю теплової обробки, але, одночасно, із забезпеченням промислової стерильності продукту.

Метод Б.Л. Флауменбаума визначення летальної дії режиму стерилізації був використаний для розробленої авторської рецептури рибних консервів із філе товстолобика. Вибір сировини аргументований регіональним вирощуванням риби, її ціною доступністю і високою поживністю. Здійснені розрахунки необхідної летальності режимів стерилізації рибних натуральних консервів із товстолобика узгоджується з летальністю, наведеною в технічній нормативній літературі, що підтверджує їх надійність. Використання розроблених режимів буде сприяти збереженню біологічної цінності продукту.

**Ключові слова:** рибні консерви, летальність, стерилізуючий ефект, регіональна рибна сировина, режими стерилізації, способи стерилізації, методи розрахунків режимів стерилізації, біологічна цінність рибних консервів.

N. M. Kushnirenko, O. M. Savinok

### **EFFICIENCY OF USING THE METHODS OF DETERMINING THE LETHAL ACTION FOR CALCULATING THE STERILISATION MODES OF FISH CANS**

The article presents the calculations of the sterilisation mode by the method of determining the lethal action proposed by B.L. Flaumenbaum. The modified Flaumenbaum's method is recommended for calculating sterilisation regimes during the development of new formulations and technologies of canned fish, as well as optimisation of existing regimes associated with equipment changes. The main criterion that expresses the lethal effect of the sterilisation regime according to this method is the death of the test organism in conventional minutes of the base temperature (121.1 °C for low-acid canned food and 80 °C for acidic canned food). The use of this method makes it possible to calculate the actual lethality without building curves of product heating and test microorganism lethality, which reduces the number of practical studies and greatly simplifies the work of a technologist at the enterprise when developing a new product range.

The process of sterilising canned fish products requires special attention due to the specifics of their chemical composition. Preserving the biological value of canned food is a priority today, so scientists are trying to make this stage of the process short-lived, the least intense in terms of heat treatment, but at the same time ensuring industrial sterility of the product.

B.L. Flaumenbaum's method of determining the lethal effect of the sterilisation regime was used to develop the author's recipe for canned fish fillets from silver carp. The choice of raw materials is justified by the regional cultivation of fish, its affordability and high nutritional value. The calculations of the required lethality of the sterilisation regimes for natural canned fish from silver carp are consistent with the lethality given in the technical regulatory literature, which confirms their reliability. The use of the developed regimes will help to preserve the biological value of the product.

**Keywords:** canned fish, mortality, sterilizing effect, regional fish raw materials, sterilization modes, sterilization methods, methods of calculation of sterilization modes, biological value of canned fish.