

4. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента: [пер. с англ.] / Х. Шенк. – М.: Мир, 1972. – 381 с.
5. Сукманов В.А. К вопросу экспериментальных исследований вспениваемости рыбного сырья / В.А. Сукманов, А.А. Яшонков // Рибне господарство України. – 2011. – № 6 (77). – С. 40-43.

УДК 6.37.2:66.083.2

Сукманов В.О., д-р техн. наук, проф., Гаркуша В.Б., канд. техн. наук, доц. (ДонНУЕТ, Донецьк),

Бесараб О.С., проф. (НУХТ, Київ), Громов С.В. (ДонНУЕТ, Донецьк)

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ВЕРШКОВОГО МАСЛА ВИСОКИМ ЦИКЛІЧНИМ ТИСКОМ НА ЙОГО МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ

У статті наведено результати досліджень впливу параметрів процесу обробки вершкового масла високим циклічним тиском на його мікробіологічні показники. Отримано залежності, що дозволяють обґрунтовано обирати параметри процесу, виходячи з початкового мікробіологічного забруднення продукту, і показано позитивний вплив обробки високим циклічним тиском на мікробіологічні показники масла в процесі його тривалого зберігання.

Ключові слова: *високий циклічний тиск, вершкове масло, мікробіологічна стерильність, тривале зберігання.*

Постановка проблеми та її зв'язок із найважливішими науковими та практичними завданнями. Вершковому маслу (ВМ), що виробляється на сьогодні, властиві певні недоліки, які знижують споживні якості, харчову й енергетичну цінність, наявність яких регламентовано відповідними нормативними документами [1; 2].

ВМ, як і всі жири, є нестійким під час зберігання харчовим продуктом [3; 4]. Нестійкість жирів за умови зберігання виявляється в гіркоті масла, тобто погіршенні смаку й запаху, а отже, і якості, що призводить навіть до непридатності для харчового використання. Під недоліками масла розуміють відхилення його органолептичних показників від передбачених відповідними стандартами. Недоліки можуть бути виявлені вже у свіжому маслі, але можуть виникнути й у результаті зберігання продукту.

Недоліки масла класифікують на недоліки смаку й запаху, консистенції, обробки й зовнішнього вигляду, кольору, соління, упакування й маркування [5]. Значна частина недоліків ВМ є результатом мікробіологічних процесів у ньому, які є результатом життєдіяльності різних мікроорганізмів (мікрококи, флюоресціюючі, спорові, безспорові бактерії, дріжджі, цвілі й ін.) і окисної деструкції. У першу чергу окиснюються незамінні поліненасичені жирні кислоти й деякі жиророзчинні вітаміни, що мають найбільшу харчову цінність. Первинними продуктами окиснення є гідропероксиди й пероксиди, які, істотно не впливаючи на

органолептичні властивості ВМ, є токсичними. Вторинні продукти окиснення (кетони, альдегіди, кислоти) надають маслу специфічного стороннього присмаку й запаху. Найбільш часто мають місце такі недоліки.

Нечистий, затхлий, сирний, гнильний присмак. Ці недоліки мікробіологічного походження найчастіше наявні в солодковершковому маслі. З'являються в результаті нагромадження в маслі продуктів розщеплення білків плазми під впливом розвитку сторонньої та гнильної мікрофлори. Білки масла легко розщеплюються протеазами, після чого стають ще більш доступними для розкладання у зв'язку з переходом у розчинну форму.

Прогіркання. Цей недолік мікробіологічного походження виникає за умови розвитку в маслі бактерій, що виділяють фермент ліпазу. Беруть активну участь у прогірканні продукту цвілі *Oidiumlactis*, *Cladosporiumbuturi*, а також *B.prodigosum*, *B. Fluorescens* (у несолоному маслі) та ін. Процес починається з поверхні та поступово проникає всередину моноліту; масло набуває яскраво-жовтого відтінку. Розвиток недоліку пов'язаний також з дією кисню повітря, світла, тепла й інших каталізаторів процесу окиснення жиру.

Прогіркання спостерігається найчастіше в несолоному солодковершковому маслі, що говорить про домінуюче значення мікроорганізмів у його розвитку. Під дією ліпази відбувається омилення, або гідролітичне розщеплення молочного жиру. У результаті омилення в маслі накопичуються вільні жирні кислоти, загальна кислотність його підвищується. Установлено, що в разі зберігання масла в негерметичній тарі, особливо за додатної температури, жиру може гідролізуватися через 2-3 місяці.

Подальше псування пов'язане з окисненням продуктів омилення. Утворення перекисних сполук (з жирними кислотами, що виділилися внаслідок омилення жиру, а також з кислотними групами, що перебувають у жирах) є першою стадією прогіркання. Воно характеризується появою перекисів, альдегідних і кетонних груп. У першу чергу кисень окислює ненасичені жирні кислоти у місці вуглецевого атома, суміжного з подвійним зв'язком; у результаті реакції вуглецю з активованим киснем утворюються гідроперекиси. Ненасичені жирні кислоти також можуть утворювати гідроперекиси, але значно повільніше.

Під час псування жиру в маслі, крім альдегідів, утворюються кетони внаслідок перегрупування атомів у перекисах або розкладання гідроперекисів. У ВМ під впливом ферментів мікроорганізмів жирні кислоти, що виділилися в результаті омилення, можуть окислитися за типом β -окиснення, унаслідок чого з'являються кетокислоти. Кетонному прогірканню передують процес утворення амонійних солей низькомолекулярних насичених жирних кислот. У результаті розпаду перекисів жирних кислот виділяється атомарний кисень, який окиснює жирну кислоту до оксикислоти, а потім до кетокислоти (остання розщеплюється до кетону й вуглекислоти).

Штафф. Недолік вражає поверхневі шари моноліту масла, при цьому спостерігається зміна його кольору та смаку. Зміна кольору є наслідком нагромадження в поверхневому шарі продуктів розкладання жиру й білків. Недолік обумовлений дією анаеробної поверхневої мікрофлори, а також окиснювальними процесами псування жиру. Штафф являє собою початкову стадію прогір-

кання, що спричинене не пліснявою, а флюоресціюючими бактеріями. Крім них, у розвитку недоліку беруть участь гнильні анаеробні бактерії, дріжджі, цвілі, особливо *Oidiumlactis*. Під дією ферментів, що виділяються мікроорганізмами, у поверхневому шарі масла відбуваються розкладання жиру, пептонізація білка, під дією кисню повітря – окиснення жиру. Зміна смаку виникає за рахунок нагромадження продуктів полімеризації та окиснення молочного жиру й розчинних азотистих сполук у поверхневому шарі, а також підвищення кислотності жиру, а в процесі розвитку недоліку – і перекисного числа.

Пліснявіння. Недолік з'являється в результаті розвитку цвілі на поверхні масла, у повітряних порожнечках усередині моноліту, а також у порожнечках, утворених за умови нещільного прилягання пергаменту до моноліту. Поверхнєве пліснявіння часто спричиняють *Penecilliumglaucum*, *Oodiumlactis*. У разі розвитку недоліку продукт набуває пліснявого присмаку.

Основними складовими ВМ є молочний жир і плазма масла, яка складається з води й розчинених у ній знежирених сухих речовин (білків, мінеральних речовин, вітамінів) у вигляді гомогенної жирової емульсії. Молочний жир для більшості мікроорганізмів, які не мають ліполітичної активності (гліцерин і жирні кислоти), не є життєвим середовищем, тому що вони не здатні його розчинити й засвоювати. Ліполітичні мікроорганізми (цвілеві гриби, флюоресціюючі бактерії, мікрококи та деякі інші мікроорганізми, що мають ліполітичну активність) починають розщеплювати жир тільки в тому випадку, якщо вони розмножуються у величезних кількостях.

Інтенсивність розвитку мікроорганізмів у маслі залежить не тільки від дисперсності водно-жирової емульсії, але й від інших факторів, зокрема РН масла й наявності у ВМ солі, тому що додавання солі в масло також стримує розвиток у ньому мікроорганізмів. Кисловершкове масло одержують із використанням культур молочнокислих бактерій, які збагачують смак масла, підвищують його стійкість.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання поданої проблеми. У цей час опубліковано тисячі робіт, у яких наведені результати досліджень впливу високого статичного тиску, і сотні публікацій про вплив високого циклічного тиску (ВЦТ) на мікрофлору в харчових продуктах [6-10].

У дослідженнях [11-13] показано, що пульсуючий (імпульсний, осцилюючий) високий тиск за впливом на харчові продукти є більш ефективним, ніж статичний. Збільшення швидкості інактивації за умови використання імпульсного тиску спостерігається не тільки в дріжджових і бактеріальних клітинах, але й у спорових форм.

Попередні дослідження, проведені в проблемній науково-дослідній лабораторії «Використання високого тиску в харчових технологіях» Донецького національного університету економіки й торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, підтвердили певні переваги використання саме ВЦТ порівняно з високим статичним тиском.

Метою статті є дослідження впливу параметрів процесу обробки ВМ ВЦТ на його мікробіологічну стерильність у процесі тривалого зберігання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Перераховані вище умови були визначальними у виборі об'єкта дослідження – масла солодковершкового, на яке найбільше впливає патогенна мікрофлора. Стороння мікрофлора в основному представлена пліснявими грибами й кишковою паличкою. Пліснявіння масла є одним із поширених недоліків масла під час його тривалого зберігання. Це обумовлено розвитком цвілевих грибів роду *Penicillium* (*Penicillium glaucum*), молочної цвілі (*Oidium lactis*) і рідше пліснявих грибів роду *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor*.

Процедура й методика проведення експериментальних досліджень щодо вивчення впливу параметрів процесу обробки ВМ ВЦТ на його мікробіологічну стерильність склалися з таких етапів:

1. Формування банку мікробіологічних культур для наступного внесення їх в оброблювані зразки.

2. Відбір молока після його пастеризації, його аналіз на мікробіологічну чистоту та внесення заздалегідь підготовленої мікробіологічної культури.

3. Виробництво ВМ за традиційною технологією.

4. Упакування зразків ВМ у стерильні контейнери й обробку на установці високого тиску.

5. Мікробіологічний аналіз оброблених і контрольних зразків масла як безпосередньо після обробки ВЦТ, так і в процесі його тривалого зберігання при $(4 \pm 0,5)^\circ\text{C}$.

Мікробіологічний аналіз досліджуваних зразків масла виконували за стандартними методиками згідно з ISO-4833:2003, ISO-21528-2004, ISO 4833:1991, ISO-6579:2002-07, ГОСТом 10444.15-94 і ГОСТом 10444.12-88.

Виходячи з медико-біологічних вимог і санітарних норм якості продовольчої сировини й харчових продуктів, у зразках ВМ контролювали такі мікробіологічні показники:

– мезофільні аеробні й факультативно-анаеробні мікроорганізми (КМАФАнМ, КОЕ, в 1 г не більше 5×10^4 - 5×10^5);

– бактерії групи кишкової палички (БГКП), в 0,1-0,01 г – не допускаються;

– патогенні мікроорганізми, у тому числі сальмонела в 25 г – не допускається.

Крім перерахованих вище показників було досліджено вплив ВЦТ на три види психрофільних бактерій: *Listeria seeligeri* (*Listeria innocua*), *Pseudomonas fluorescens*, *Paenibacillus polymyxa*, які часто є причиною псування продуктів харчування за умови їхнього зберігання в охолодженому стані [14].

Показник «бактерії групи кишкової палички» (БГКП) обрано відповідно до прийнятої міжнародної номенклатури. Він практично ідентичний показнику «колиформні бактерії». До бактерій групи кишкових паличок відносяться грам-негативні, що не утворюють спор палички та зброджують лактозу з утворенням кислоти й газу при $(36 \pm 1)^\circ\text{C}$. У ході дослідження враховували як цитрат-негативні, так і цитрат-позитивні варіанти БГКП, включаючи – *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacteri Serratia*.

Усі перераховані вище зразки культур були отримані в результаті посіву й наступного розведення до необхідної концентрації зразків мікрофлори, вияв-

лених у непастеризованому молоці під час проведення різних мікробіологічних аналізів і ідентифікованих.

Початкова концентрація мікрофлори перед її внесенням у молоко становила:

- бактерії груп кишкової палички в 1 г продукту – 25×10^8 КОЕ;
- кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів – 25×10^5 КОЕ/г;
- *St.aureus* в 1 г продукту – 2,5;
- дріжджі, КОЕ в 1 г – 250 у сумі;
- плісняві гриби, КОЕ в 1 г – 250 у сумі;
- патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду *Salmonella* в 1 г продукту – 50;
- *Listeria monocytogenes* в 1 г продукту – 50.

Контрольний зразок масла та зразки, що підлягають обробці ВЦТ і подальшому аналізу за мікробіологічними показниками, зроблено згідно з нормативними документами, що діють на Мар'їнському молокозаводі ВАТ «Лактіс». Мікробіологічні дослідження робили в сертифікованих лабораторіях СЕС м. Донецька. Обробку дослідних зразків ВМ ВЦТ робили в проблемній науково-дослідній лабораторії «Використання високого тиску в харчових технологіях» ДонНУЕТ.

Аналіз апріорної інформації та раніше проведені дослідження дозволили нам визначити область експериментування: значення максимального тиску – 230, 290, 350 МПа; кількість імпульсів n = від 2 до 5; швидкість імпульсу за умови зростання тиску $v_{и\uparrow}$ = 1, 5, 10 МПа/с і швидкість імпульсу в разі зниження тиску $v_{и\downarrow}$ = 25, 10, 5 МПа/с.

У таблиці 1 і на рисунку 1 наведено результати експериментальних досліджень щодо інактивації кишкової палички в зразках ВМ.

Аналіз отриманих даних дозволив нам констатувати, що залежність швидкості інактивації мікроорганізмів кишкової палички за деяких значень параметрів процесу (позначена на графіку точками □) можуть бути описані лінійною залежністю, що підтверджує той факт, що інактивація мікроорганізмів під тиском описується як кінетичним рівнянням першого порядку, у результаті чого логарифм концентрації мікроорганізмів, що вижили після обробки ВЦТ, зменшується лінійно зі зростанням кількості циклів обробки n як $-k n$, де k – константа швидкості інактивації [15-19].

$$-\frac{dN}{dn} = kN, \quad (1)$$

де N – кількість життєздатних організмів;

k – константа швидкості інактивації.

Інтегральне рівняння (1), урахуваючи початкові умови, $N = N_0$ в $n = 0$, було презентовано у вигляді:

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -kn, \quad (2)$$

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень інактивації кишкової палички в зразках ВМ, обробленого ВЦТ при $t = (15 \pm 0,5)^\circ\text{C}$

P , МПа		230			290			350		
$v_{i\uparrow}$, МПа/с		1	5	10	1	5	10	1	5	10
$v_{i\downarrow}$, МПа/с		5	10	25	5	10	25	5	10	25
Відносні концентрації за наявності кількості n циклів, $\lg(N/N_0)$	2	-0,3	-0,9	-2,0	-1,2	-2,5	-3,3	-2,3	-3,6	-4,4
	3	-0,9	-1,5	-3,0	-1,9	-3,3	-3,7	-2,8	-4,3	-4,7
	4	-1,1	-2,1	-3,2	-2,1	-3,7	-4,5	-4,1	-4,8	-5,0
	5	-1,3	-2,7	-3,6	-3,0	-3,9	-4,6	-4,7	-4,9	–
Позначення експериментальних точок на рисунку 1		□	△	○	*	◇	■	▲	▼	●

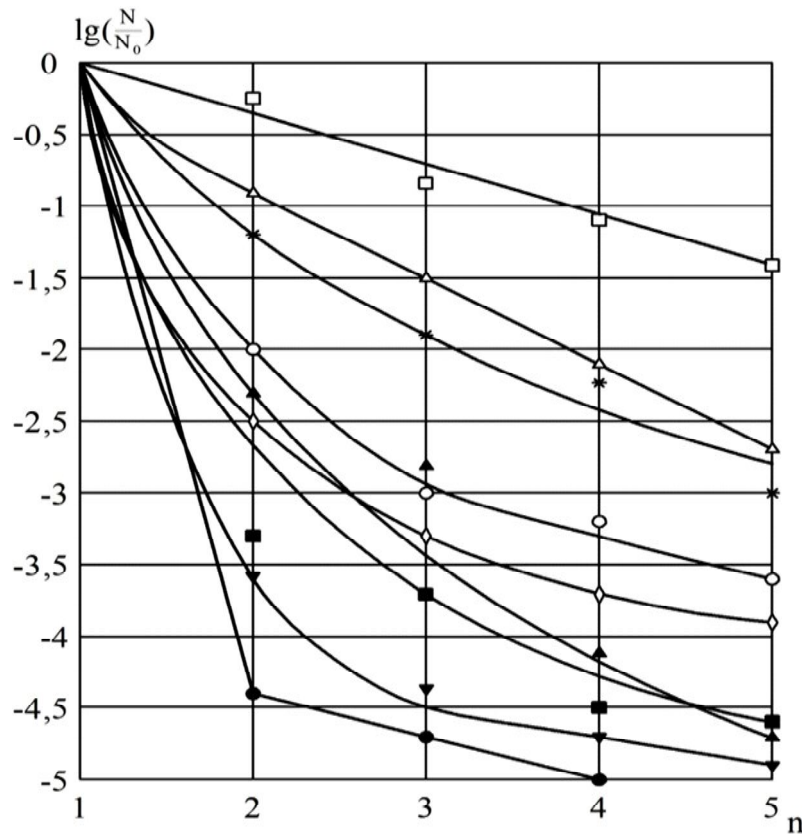


Рисунок 1 – Зниження відносної концентрації кишкової палички

Рівняння (2) пропонує лінійну залежність N від n у напівлогарифмічному масштабі, що була виражена через десятинний логарифм:

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = 2,303 \cdot \log\left(\frac{N}{N_0}\right), \quad (3)$$

Константа швидкості інактивації (k) є найбільш часто використовуваним поняттям для опису теплової інактивації мікроорганізмів.

У літературі зустрічаються дані зі значними відхиленнями від лінійності, які звичайно описуються статичними, логарифмічними залежностями або комбінацією двох реакцій першого порядку як двофазна кінетика з різними швидкостями інактивації [20]. Аналіз експериментальних даних показав, що швидкість інактивації мікроорганізмів кишкової палички за умови певних параметрів процесу доцільно описати саме у вигляді двофазної кінетики. Така форма інактиваційної кривої свідчить про існування невеликої частини популяції з підвищеною опірністю до впливу високого тиску. У цьому випадку традиційна кінетична модель не застосовується й для опису кінетики інактивації кишкової палички за наявності цих параметрів процесу доцільно застосувати двофазну модель першого порядку. Ця модель складається із двох частин, які додержуються самостійної кінетики першого порядку, як показано на рисунку 2.

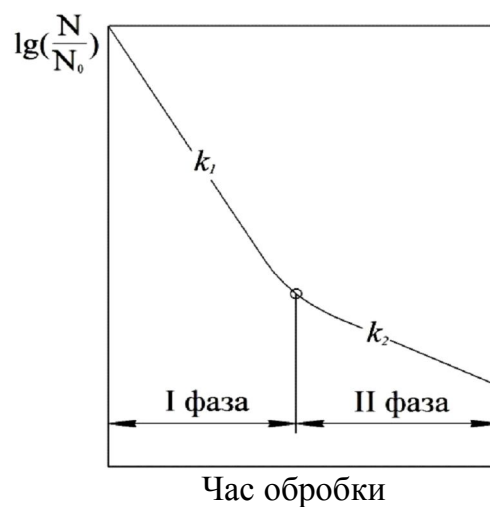


Рисунок 2 – Типова крива двофазної інактивації

Кожна частина такої інактиваційної моделі виражена як:

$$\frac{dN_1}{dn} = -k_1 \cdot N_1(n), N_1(0) = N_{01}, \quad (4)$$

$$\frac{dN_2}{dn} = -k_2 \cdot N_2(n), N_2(0) = N_{02}, \quad (5)$$

де N_1 і N_2 – кількість мікроорганізмів у першій і другій частині;
 k_1 і k_2 – константа швидкості інактивації.

Залежність констант швидкості інактивації від тиску була проаналізована моделлю Arrhenius-Типу.

Мікроорганізми, що виживають під час t , є сумою окремих частин:

$$N(n) = N_1(n) + N_2(n), \quad (6)$$

Аналітичний розв'язок згаданого вище рівняння показано у вигляді:

$$N(n) = N_0(f \cdot e^{-k_1 \cdot n} + (1 - f) \cdot e^{-k_2 \cdot n}), \quad (7)$$

де N_0 – початкова кількість мікроорганізмів;
 f – початкова пропорція першої частини (N_{01}/N_0).

Залежність тиску й константи швидкості інактивації k описується рівнянням (8):

$$\left(\frac{\partial \ln k}{\partial P} \right)_T = -\Delta V^* / RT, \quad (8)$$

де k – константа швидкості інактивації першого порядку в с^{-1} ;
 P – величина тиску МПа;
 ΔV^* – видимий об'єм активації в $\text{м}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$;
 R – газова стала $8,314 \times 10^{-6} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{МПа} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$;
 T – температура в градусах Кельвіна, К.

Для проведення кінетичного аналізу процесу інактивації кишкової палички була використана програма STATISTICA V5.5A, що показано в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати статистичної обробки експериментальних даних забезпечення мікробіологічної стерильності відносно кишкової палички ВМ після його обробки ВЦТ за наявності довірчого інтервалу 0,95

Параметри процесу		Вид функції	Коефіцієнти рівнянь	Точка розриву	R^2	Критерій Фишера
Позначення	P_{max} , МПа $v_{i\uparrow}$, МПа/с $v_{i\downarrow}$, МПа/с					
1	2	3	4	5	6	7
□	230-1-5	$y = 0,3 - 0,34 \cdot x$	$a = 0,3$; $b = 0,34$	–	0,942	66,692
Δ	230-5-10	$y = a + b \cdot x + c \cdot e^{-\frac{x}{d}}$	$a = 0,299$; $b = 0,6$; $c = 1653$; $d = 0,1161$	–	0,999	1646066808
○	230-10-25	$y = a + b \cdot \lg(x - c)$	$a = 1,289$; $b = 2,854$; $c = 0,722$	–	0,989	182,18
*	290-1-5	$y = a + b \cdot \lg(x - c)$	$a = 0,9681$; $b = 5,088$; $c = 0,5682$	–	0,95	39,23
◇	290-5-10	$y = a \cdot e^{\frac{b}{x+c}}$	$a = 4,595$; $b = 0,6818$; $c = 0,8884$	–	0,999	9106,3

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
■	290-10-25	$y = a \cdot e^{\frac{b}{x+c}}$	$a = 5,188;$ $b = 0,5428;$ $c = 0,8909$	–	0,98	101,89
▲	350-1-5	$y = a + b \cdot \ln(x)$	$a = 0,04808;$ $b = 2,853$	–	0,976	166,58
▼	350-5-10	$\begin{cases} y = a + b \cdot e^{-c \cdot x}, & x < g \\ y = d + k \cdot x, & x > g \end{cases}$	$a = 4,984;$ $b = 17,944;$ $c = 1,28;$ $d = 4,167;$ $k = 0,15;$ $g = 3$	3	–	–
●	350-10-25	$\begin{cases} y = a + c \cdot (x - b), & x < b \\ y = a + d \cdot (x - b), & x > b \end{cases}$	$a = 4,4;$ $b = 2;$ $c = 4,4;$ $d = 0,3$	2	–	–

У таблиці 3 наведено результати експериментальних досліджень щодо забезпечення мікробіологічної стерильності у відношенні всіх контрольованих мікроорганізмів за умови різних режимів обробки ВМ ВЦТ і в процесі його тривалого зберігання.

Аналіз результатів досліджень дозволяє зробити такі узагальнення. Обробляючи ВМ і інші харчові продукти ВЦТ, як фактор, що визначає швидкість загибелі мікроорганізмів, доцільно використовувати в кінетичних моделях параметр процесу – кількість циклів (n), а не час обробки, тому що тривалість обробки визначається саме кількістю циклів навантаження, а також швидкістю підйому та скидання тиску. Ураховуючи досить високу, штучно отриману концентрацію КП у зразках ВМ, підданих обробці ВЦТ в експериментальних умовах можна констатувати, що в умовах реального виробництва, за наявності температури масла – $(15 \pm 0,5)^\circ\text{C}$, що відповідає температурі в момент його виходу з маслуотворювача, мікробіологічна стерильність ВМ може бути забезпечена його обробкою ВЦТ із параметрами процесу: $P_{\max} = 290\text{-}350$ МПа, $v_{i\uparrow} = 5\text{-}10$ МПа/с, $v_{i\downarrow} = 10\text{-}25$ МПа/с. При цьому кількість циклів варіюється від 2 до 5.

За умови досить невисокої інтенсивності ($P_{\max} = 230$ МПа, $v_{i\uparrow} = 1$ і 5 МПа/с, $v_{i\downarrow} = 5$ МПа/с) впливу ВЦТ на ВМ швидкість інактивації мікрофлори описується лінійною залежністю, однак якщо інтенсивність впливу збільшується ВЦТ на ВМ ($P_{\max} = 290, 350$ МПа, $v_{i\uparrow} = 10$ МПа/с, $v_{i\downarrow} = 10$ і 25 МПа/с), то лінійна залежність переходить у двофазну модель.

Слід підкреслити, що за наявності параметрів процесу 350-5-10 (P_{\max} - $v_{i\uparrow}$ - $v_{i\downarrow}$) точка зламу у двофазній моделі відповідає кількості циклів $n = 3$, але за умови параметрів циклу 350-10-25 точка зламу переміщується до $n = 2$, що говорить про те, що за рівних значень величини P_{\max} швидкість інактивації КП залежить від швидкості підйому та скидання P_{\max} .

Таблиця 3 – Значення мікробіологічного засіменіння ВМ, обробленого ВЦТ за наявності різних значень параметрів процесу обробки за умови його тривалого зберігання ($t = 4 \pm 0,5^\circ\text{C}$)

Контрольовані зразки		Наявність мікрофлори: безпосередньо після обробки ВЦТ/ через 3 місяці зберігання / через 6, 9, 12 місяців відповідно						
Позначення	Параметри процесу: P_{\max} , МПа – v_{\uparrow} , МПа/с – v_{\downarrow} , МПа/с	Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КОЕ /г	<i>St.aureus</i> в 1 г продукту	Бактерії групи кишкової палички, не допускається в 1 г продукту	Дріжджі, КОЕ в 1 г	Плісняві гриби, КОЕ в 1 г	Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i> в 1 г продукту	<i>Listeria monocytogenes</i> в 1 г продукту
□	230-1-5	-/-/-/1×10/ 2×10 ²	-/-/-/ 0,5/1,5	-/-/-/ 1×10-3/ 2×10-2	-/-/-/ 100/130	-/-/-/ 100/130	-/-/-/ 25/40	-/-/-/ 25/35
Δ	230-5-10	-/-/-/-/ 2×10 ²	-/-/-/-/ 0,5/1,5	-/-/-/-/ 2×10-2	-/-/-/ 100/110	-/-/-/ 100/110	-/-/-/ 25/35	-/-/-/ 25/35
○	230-10-25	-/-/-/-/ 3×10	-/-/-/-/ 0,5/1,1	-/-/-/-/ 1×10-2	-/-/-/-/110	-/-/-/-/ 110	-/-/-/-/ 20/35	-/-/-/-/ 25
*	290-1-5	-/-/-/-/ 1×10	-/-/-/-/ 0,8/1,1	-/-/-/-/ 1×10-3	-/-/-/-/100	-/-/-/-/ 100	-/-/-/-/25	-/-/-/-/ 25
◇	290-5-10	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/100	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-
■	290-10-25	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-
▲	350-1-5	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-
▼	350-5-10	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-
●	350-10-25	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-	-/-/-/-/-

Двофазна модель опису процесів із меншим значенням $P_{\max} = 290$ МПа, але з аналогічними значеннями швидкостей підйому та скидання тиску, а саме – 290-5-10.

Висновки. Таким чином, нами вперше отримано функціональні залежності зміни відносної концентрації кишкової палички за умови обробки ВМ ВЦТ за наявності різних параметрів процесу його обробки ВЦТ. Уперше експериментально встановлено та пояснено той факт, що за різних параметрів процесу обробки можуть бути використані кінетичні моделі як першого так і другого порядку. Отримано значення мікробіологічного засіменіння ВМ за різних значень параметрів процесу.

Стабілізація мікробіологічної безпеки в зразках, оброблених ВЦТ протягом їх тривалого зберігання, на нашу думку, є результатом дії ВЦТ, що стерилізує, на представників патогенної мікрофлори, гриби та цвіль, так і зміна умов

розвитку їх представників, що вижили після обробки ВЦТ у результаті зміни кількості вологи та кисню та їх геометричних параметрів часток вологи й пухирчиків повітря, необхідних для розвитку мікрофлори.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження доцільно зосередити на вивченні взаємного впливу параметрів процесу обробки ВМ ВЦТ на мікробіологічну стерильність і активність води як фактора, що визначає схильність продукту до розвитку патогенної мікрофлори.

Список літератури

1. Белоусов А.П. Физико-химические процессы в производстве масла сбиванием сливок / А.П. Белоусов. – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1984. – 264 с.
2. Грищенко А.Д. Сливочное масло / А.Д. Грищенко. – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1983. – 294 с.
3. Хомутов Б.И. Хранение пищевых жиров / Б.И. Хомутов, Л.Н. Ловачев. – М.: Экономика, 1972. – 160 с.
4. Чумак А.П. Научно-практические основы технологии жиров и жирозаменителей / А.П. Чумак, П.Ф. Гладкий. – Х.: НТУ ХПИ, 2006. – 175 с.
5. Хорвуд Д.Ф. Лабораторные исследования порока «олеистый привкус» сладкосливочного масла / Д.Ф. Хорвуд, Л.К. Смит // XVIII Междунар. конгресс по молочному делу. – М., 1972. – С. 152-153.
6. Aleman G.D. Comparison of static and step-pulsed ultra-high pressure on the microbial stability of fresh cut pineapple / G.D. Aleman [etc.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 1968. – № 76. – P. 383-388.
7. Donsi G. Pulsed high pressure treatment for the inactivation of *Saccharomyces cerevisiae*: The effect of process parameters / G. Donsi, G. Ferrari, P. Maresca // Journal of Food Engineering. – 2007. – № 78. – P. 984-990.
8. Chapleau N. Influence of kinetic parameters of high pressure processing on bacterial inactivation in a buffer system International / N. Chapleau [etc.] // Journal of Food Microbiology. – 2006. – № 106. – P. 324-330.
9. Basak S. Pulsed high pressure inactivation of pectin methyl esterase in single strength and concentrated orange juices / S. Basak, H.S. Ramaswamy // Canadian biosystems engineering. – 2001. – Vol. 43. – P. 325-329.
10. Rivalain N. Development of high hydrostatic pressure in biosciences: Pressure effect on biological structures and potential applications in Biotechnologies / N. Rivalain, J. Roquain, G. Demazeau // Biotechnology Advances. – 2010. – № 28. – P. 659-672.
11. Hayakawa I. Application of high pressure for spore inactivation and protein denaturation / I. Hayakawa, T. Kanno, M. Tomito // J. Food Sci. – 1994. – № 59(1). – P.159-163.
12. Hayakawa I. Oscillatory compared with continuous high pressure sterilization on *Bacillus stearothermophilus* spores / I. Hayakawa, N. Kanno, K. Voshiyama // J. Food Sci. – 1994. – № 59 (1). – P. 164-167.
13. Ebel N. Dynamic High Pressure Treatment - Improving the Inactivation of Microorganisms and Pathogens / N. Ebel // Towards a Sustainable Food Chain Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management: CIGR Section VI International Symposium on. – 2011. – April 18-20, Nantes.

14. Ternström A. Classification of the spoilage flora of raw and pasteurized bovine milk, with special reference to *Pseudomonas* and *Bacillus* / A. Ternström // Journal of Applied Bacteriology. – 1993. – № 75. – P. 25-34.
15. Timson W.J. Resistance of microorganism to hydrostatic pressure / W.J. Timson, A.J. Short // Biotechnol. Bioeng. – 1965. – Vol. 7, № 1. – P. 139-145.
16. Larkin K.J. Some of effects of high pressure on bacteria / K.J. Larkin, N.R. Reddy // Journal of Cell Comp. Physio. – 1999. – № 15. – P. 75-83.
17. Tanaka T. Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies High Pressure Processing / T. Tanaka, K. Hatanaka // U.S. Food and Administration center for Food Safety and Applied Nutrition. – 2000. – 28 p.
18. Buts P. High pressure inactivation of *Byssoschlamys nivea* ascospores and other heat-resistant molds / P. Buts, S. Funtenberger, T. Haberditzl // Lebensmittelwiss. Technol. – 1996. – № 29 – P. 404-440.
19. Down R.B. Same interesting biochemical and physical effect at high pressure / R.B. Down, J.E. Mathews // Phys. Rev. – 1979. – Vol. 56, № 215. – P. 84-92.
20. Merkulow N. The influence of high hydrostatic pressure on the adduct formation of patulin with cysteine / N. Merkulow, H. Ludwig // Progress in Biotechnology. – 2002. – Vol. 19, № 1. – P. 664-680.

УДК 664.642

**Ткачук Ю.М., Гавриш А.В., канд. техн. наук,
Неміріч О.В., канд. техн. наук, доц., Іщенко Т.І., канд. техн. наук,
Доценко В.Ф., д-р техн. наук, проф. (НУХТ, Київ)**

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА ПІДВИЩЕНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ ЗА ВИКОРИСТАННЯ КАЗЕЇНУ

У статті наведено результати досліджень з удосконалення технології хліба підвищеної біологічної цінності за використання казеїну. Обґрунтовано спосіб виробництва хліба з казеїном і розроблено його технологічну схему.

Ключові слова: *казеїн, бездріжджовий напівфабрикат, технологія, хліб, спосіб виробництва, білки, біологічна цінність, поверхнево активні речовини, тістоутворення.*

Постановка проблеми та її зв'язок із найважливішими науковими та практичними завданнями. Одним зі шляхів ліквідації дефіциту амінокислот, мікро-, макроелементів, вітамінів та інших необхідних організму людини речовин, що підтверджується світовим і вітчизняним досвідом і є доцільним з економічної, соціальної, гігієнічної й технологічної точок зору, є включення до щоденного раціону різноманітних спеціалізованих продуктів харчування, додатково збагачених відсутніми компонентами.

Безперечно, що саме хліб і хлібопродукти є повсякденним продуктом харчування населення нашої країни. Ці продукти вважаються продуктами харчуван-