

Із наведених даних видно, що додавання вівсяного солодового борошна розріджує структуру тіста, тобто тісто набуває більш пластичних властивостей. Так, додавання 10% солодового борошна зменшує граничне напруження зсуву в 1,3 разу, а додавання 20% у 1,5 разу, а додавання 30% у 1,7 разу, у 2 рази. Ці дані корелюють з даними фаринограм замішування тіста. Слід зазначити, що тісто з додаванням 50% солодового борошна мало більш сталу структуру протягом вистоювання. Але для того, щоб тісто мало добру формоутримувальну здатність, необхідно зменшити кількість жиру у стандартній рецептурі тіста.

На підставі досліджень, що проводились, розроблено рецептуру здобного печива зі зменшеним умістом цукру на 25% та жиру на 15 % до рецептурного складу. Нову технологію захищено патентом України [3].

**Висновки.** Результати теоретичних та експериментальних досліджень, що проводились, показали доцільність застосування борошна з вівсяного солоду для поліпшення органолептичних показників здобного печива та підвищення його фізіологічної цінності. Додавання вівсяного солоду до пшеничного борошна дозволить в рецептурах здобного печива зменшити кількість цукру та жиру, сприятиме зменшенню його калорійності.

У подальшому для розроблення нового асортименту борошняних кондитерських виробів із підвищеною харчовою та біологічною цінністю передбачається застосування інших видів солодового борошна – із пшениці, ячменю, кукурудзи тощо.

### Список літератури

1. Ємельянова Н.О. Технологія солодових екстрактів, концентратів квасного сула і квасу / Н.О. Ємельянова. – К.: УДУХТ, 1994. – 151 с.
2. Вплив борошна пророщених злаків на якість і подовження терміну зберігання заварних пряників / В. Оболкіна [та ін.] // Харчова і переробна промисловість. – 2005. – № 12. – С. 22-23.
3. Пат. 72044 Україна, МПК А 21D 13/08(2006.01). Печиво вівсяне / Оболкіна В.І., Скрипко А.П., Кияниця С.Г., Тарадай Т.М., Ємельянова Н.О., Ковбаса В.М.; заявник і патентовласник Національний університет харчових технологій. – Заявл. 07.12. 11; опубл. 10.08. 12, Бюл. № 15.

УДК 331.956-047.37

Степанов Д.В., канд. техн. наук (КДМТУ, Керч),  
Сукманов В.О., д-р техн. наук, проф. (ДонНУЕТ, Донецьк),  
Яшонков О.А. (КДМТУ, Керч)

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПРОЦЕС СПІНЮВАННЯ І СУШІННЯ РИБНОЇ СИРОВИНИ

У статті наведено результати розроблення, проведення багатофакторного експерименту та надано рекомендації щодо раціональних параметрів процесу спінювання та сушіння рибної сировини у процесі виробництва снєків із фаршу бичка кругляка (*Neogobiusmelanostomus*).

**Ключові слова:** перероблення рибної сировини, снеки з фаршу бичка кругляка, багатофакторний експеримент, раціональні параметри процесу.

**Постановка проблеми та її зв'язок із найважливішими науковими та практичними завданнями.** Зменшення об'ємів вилову рибної сировини зі Світового океану [1] змусило рибообробні підприємства розробляти та впроваджувати нові безвідходні способи перероблення гідробіонтів. Авторами було запропоновано новий спосіб [2] отримання спінених сумішей на основі рибної сировини за температури 55°C. Це дозволило зберегти у готовому продукті термолабільні вітаміни, а також додавати на стадії виробництва біологічно активні добавки. Для впровадження цього способу у виробництво необхідно розробити рекомендації щодо раціональних параметрів процесу.

**Метою статті** було визначення впливу вхідних параметрів на процес спінювання і сушіння рибної сировини.

Із запропонованих напрямків використання сумішей, що отримали, ми розглядали продукти харчування – снеки із рибного фаршу бичка кругляка.

Для визначення впливу режимів на процес спінювання і сушіння було використано статистичний метод планування експерименту [3; 4] та було проведено багатофакторний експеримент. За вхідні параметри були прийняті: температура ( $t$ , °C) і тиск ( $P$ , кПа) у робочій камері та щільність набивання снєків ( $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>). За вихідний параметр було прийнято тривалість процесу ( $\tau$ , хв.), яка впливає на продуктивність та енергозатрати.

Із метою збереження термолабільних вітамінів і забезпечення необхідного спінювання та твердості продукту, на основі попередніх експериментів було визначено інтервали варіювання вхідних параметрів [5].

Змінні параметри та інтервал їх варіювання наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вхідні фактори та інтервали варіювання

Фактори	Основний рівень	Одиниця варіювання	Верхній рівень	Нижній рівень	Кодове позначення фактора
$P$ , кПа	12,5	2,5	15,0	10,0	$X_1$
$t$ , °C	50,0	5,0	55,0	45,0	$X_2$
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1160,0	60,0	1220,0	1100,0	$X_3$

Для спрощення запису умов експерименту й оброблення даних було введено кодування значень факторів. При цьому верхній рівень фактора відповідає +1, нижній – 1, основний – нулю.

Кодоване значення факторів визначається за формулою:

$$X = \frac{\bar{X}_j - \bar{X}_{jo}}{I_j}, \quad (1)$$

де  $\bar{X}_j$  – кодоване значення факторів;

$\bar{X}_{jo}$  – натуральне значення фактора;

$\bar{X}_{jo}$  – натуральне значення основного рівня;  
 $I_j$  – інтервал варіювання;  
 $j$  – номер фактора.

Таким чином,  $X_1 = \frac{P-12,5}{2,5}$ ;  $X_2 = \frac{t-50,0}{5,0}$ ;  $X_3 = \frac{\rho-1160,0}{60,0}$ .

Матриця планування повного факторного експерименту типу  $2^3$  (таблиця 2) складається з трьох вектор-стовбців, побудованих за правилами чередування знаків, та розбито на два блоки. При цьому міжблоковий ефект зміщується з потрібним ефектом взаємодії  $P_6 = X_1X_2X_3$ , яким можна знехтувати. Для того, щоб компенсувати вплив систематичних помилок, досліди рандомизовані у часі. Повний факторний експеримент типу  $2^3$  володіє властивостями симетричності, нормування та ортогональності.

Таблиця 2 – Матриця планування експерименту  $2^3$

№ досліду	$X_1$	$X_2$	$X_3$
1	+	+	-
2	-	+	+
3	+	-	+
4	-	-	-
5	-	-	+
6	-	+	-
7	+	+	+
8	+	-	-

Кожен експеримент містить елементи невизначеності. Необхідно було визначити помилку паралельних дослідів, тобто помилку відтворюваності. Для вимірювання цієї помилки є дисперсія:

$$S^2 = \frac{\sum_{q=1}^n (y_q - \bar{y})^2}{\psi}, \quad (2)$$

де  $y_q$  – результат окремого досліду;  
 $\bar{y}$  – середнє арифметичне;  
 $\psi$  – число ступенів свободи,  $\psi = (N-1)$ ;  
 $N$  – кількість дослідів.

Результати експериментальних дослідів наведені у таблиці 3.

Перевірку результатів експериментальних даних на наявність грубих помилок проводили з використанням статистичного критерію Ст'юдента, який з довірчою вірогідністю 95% становить  $t = 2,2622$  [4].

Таблиця 3 – Результати трифакторного експерименту

№ дос-ліду	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_6$	$Y_7$	$Y_8$	$Y_9$	$Y_{10}$	$\bar{Y}$	$S_i^2$
1	128,1	127,5	125,8	135,1	132,7	135,3	136,2	137,5	137,8	133,1	132,9	18,82
2	155,2	154,3	148,1	145,8	145,1	143,1	143,2	149,5	152,2	152,2	148,9	20,20
3	175,8	174,2	178,8	180,9	182,2	182,1	182,9	185,3	186,2	176,2	180,5	16,67
4	141,3	143,2	146,8	148,2	151,1	151,8	140,8	140,3	143,2	141,2	144,8	18,98
5	179,2	174,1	167,9	165,1	168,8	171,8	172,2	169,3	168,5	167,5	170,4	16,27
6	121,2	126,5	127,9	120,3	122,3	127,2	127,9	129,2	124,5	127,2	125,4	9,86
7	156,2	159,2	152,3	157,6	152,1	151,1	160,5	159,5	158,5	159,1	156,6	12,27
8	145,5	147,6	155,2	151,8	157,5	153,2	154,1	145,9	148,1	149,3	150,8	17,09

Однорідність дисперсій перевіряли за розрахованим статистичним критерієм Фішера ( $F_p$ ), який порівнювали з табличним значенням ( $F_{табл.}$ ):

$$F_p < F_{табл.}, \quad F_p = \frac{S_{\max}^2}{S_{\min}^2}. \quad (3)$$

Розрахунковий критерій Фішера становив  $F_p = 2,05$ . Табличний критерій Фішера для ступенів свободи  $\psi_1 = \psi_2 = 9$  дорівнює  $F_{табл.} = 3,18$  [3]. Таким чином,  $F_p < F_{табл.}$ , то дисперсії є однорідними.

Для оцінки відтворюваності результатів експериментів визначали розрахунковий статистичний критерій Кохрена ( $G_p$ ), який порівнювали з табличним значенням ( $G_{табл.}$ ):

$$G_p < G_{табл.}, \quad G = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2}, \quad (4)$$

Розрахунковий критерій Кохрена становив  $G_p = 0,155$ . Табличний критерій Кохрена дорівнює  $G_{табл.} = 0,266$  [3]. Таким чином,  $G_p < G_{табл.}$  – дисперсії однорідні.

Функцію відгуку з урахуванням парних ефектів взаємодії навели у вигляді полінома II ступеня:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{23}x_2x_3 + b_{13}x_1x_3, \quad (5)$$

де  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{23}, b_{13}$  – коефіцієнти, що визначали за формулами:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum y_i \quad b_1 = \frac{1}{N} \sum x_1 y_i \quad b_2 = \frac{1}{N} \sum x_2 y_i \quad b_3 = \frac{1}{N} \sum x_3 y_i \quad (6)$$

$$b_{12} = \frac{\sum_{i=1}^N x_1 x_2 \bar{y}_i}{N} \quad b_{23} = \frac{\sum_{i=1}^N x_2 x_3 \bar{y}_i}{N} \quad b_{13} = \frac{\sum_{i=1}^N x_1 x_3 \bar{y}_i}{N}. \quad (6)$$

Для розрахунку коефіцієнтів рівняння 5 склали допоміжну розрахункову таблицю 4.

Таблиця 4 – Допоміжна таблиця для розрахунку коефіцієнтів рівняння

№ досліджу	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\bar{y}$	$X_1 \bar{y}$	$X_2 \bar{y}$	$X_3 \bar{y}$	$X_1 X_2 \bar{y}$	$X_1 X_3 \bar{y}$	$X_2 X_3 \bar{y}$
1	+	+	-	132,9	132,9	132,9	-132,9	132,9	-132,9	-132,9
2	-	+	+	148,9	-148,9	148,9	148,9	-148,9	-148,9	148,9
3	+	-	+	180,5	180,5	-180,5	180,5	-180,5	180,5	-180,5
4	-	-	-	144,8	-144,8	-144,8	-144,8	144,8	144,8	144,8
5	-	-	+	170,4	-170,4	-170,4	170,4	170,4	-170,4	-170,4
6	-	+	-	125,4	-125,4	125,4	-125,4	-125,4	125,4	-125,4
7	+	+	+	156,6	156,6	156,6	156,6	156,6	156,6	156,6
8	+	-	-	150,8	150,8	-150,8	-150,8	-150,8	-150,8	150,8
$\Sigma$				1210,3	31,3	-82,7	102,4	-0,8	4,2	-8,1
$b_i$				151,29	3,91	-10,34	12,81	-0,10	0,53	-1,02

Функцію відгуку отримали у вигляді:

$$y = 151,29 + 3,91X_1 - 10,34X_2 + 12,81X_3 - 0,10X_1X_2 - 0,53X_1X_3 - 1,02X_2X_3, \quad (7)$$

Значущість коефіцієнтів рівняння визначали за довірчим інтервалом  $\Delta b_i$ :

$$\Delta b_i = \pm t \cdot S\{b_i\}, \quad (8)$$

де  $t$  – табличне значення коефіцієнта Ст'юдента за числа ступенів свободи, за яким визначали  $S\{b_i\}$  для обраного рівня значущості,  $t = 1,9944$  [5];

$S^2\{b_i\}$  – дисперсія коефіцієнта регресії,  $S\{b_i\} = \sqrt{S^2\{b_i\}}$ .

$$S^2\{b_i\} = \frac{S^2\{y\}}{N}, \quad (9)$$

де  $S^2\{y\}$  – дисперсія відтворюваності експерименту  $S^2\{y\} = \frac{\sum_{i=1}^N \psi_i S_i^2}{\sum_{i=1}^N \psi_i}$ .

За результатами розрахунків визначені: дисперсія відтворюваності експерименту  $S^2\{y\} = 16,42$ ; дисперсія коефіцієнта регресії  $S\{b_i\} = 2,05$ ; довірчий інтервал  $\Delta b_i = 2,8575$ . Таким чином, у рівнянні 7 чотири значущих коефіцієн-

та  $b_0 = 151,29$ ;  $b_1 = 3,91$ ;  $b_2 = -10,34$ ;  $b_3 = 12,81$ . При цьому рівняння (7) прийняло вигляд:

$$y = 151,29 + 3,91X_1 - 10,34X_2 + 12,81X_3. \quad (10)$$

Аналіз рівняння (10) показує, що тривалість процесу збільшується за збільшення тиску у робочій камері та щільності набивання снєків, а також за зменшення температури у робочій камері.

Модель є адекватною, якщо виконується вимога: передбачене за допомогою моделі значення відгуку у деякій подібності, в яку входять координати дослідів, що виконуються, не повинне відрізнятись від фактичного більш ніж на деяку заздалегідь задану величину. Перевірку адекватності моделі проводили за  $F$ -критерієм Фішера:

$$F_p < F_{табл.} \quad F = \frac{S_{ад}^2}{S^2\{y\}}, \quad (11)$$

де  $S_{ад}^2$  – дисперсія адекватності:  $S_{ад}^2 = \frac{\sum \Delta y_i^2}{\psi}$ ;

$\Delta y_i^2$  – остаточної сума квадратів різниці між розрахунковим та середнім значенням  $y$ ;

$\psi$  – число ступенів свободи, що дорівнює різниці між числом дослідів і числом коефіцієнтів (констант), які вже розраховані за результатами дослідів незалежно один від одного.

Для перевірки адекватності моделі склали допоміжну розрахункову таблицю 5.

Таблиця 5 – Допоміжна таблиця для розрахунку дисперсії адекватності

№ дослідів	$\bar{Y}$	$Y_p$	$\Delta Y$	$\Delta Y^2$
1	132,9	132,1	0,85	0,7
2	148,9	149,9	0,98	1,0
3	180,5	178,3	2,12	4,5
4	144,8	144,9	0,12	0,0
5	170,4	170,5	0,08	0,0
6	125,4	124,2	1,18	1,4
7	156,6	157,7	1,06	1,1
8	150,8	152,7	1,91	3,7

За таблицею 5 розраховали дисперсію адекватності  $S_{ад}^2 = 3,1$ . Розрахунковий критерій Фішера становив  $F_p = 0,19$ . Табличний критерій Фішера для ступенів свободи 4-9 становить  $F_{табл.} = 3,63$  [3]. Таким чином,  $F_p < F_{табл.}$ , тобто з довірчою долею вірогідності 0,95 модель можна вважати адекватною.

У натуральних значеннях рівняння (10) має вигляд:

$$\tau = 1,564 \cdot P - 2,068 \cdot t + 0,2135 \cdot \rho - 12,52. \quad (12)$$

Для визначення мінімального значення рівняння (10) за заданих обмежень факторів (таблиця 1) застосували методи випуклої оптимізації (симплекс методи) із використанням функції «Пошук рішення» табличного процесора Excel. Таким чином, параметри, які забезпечують мінімальну тривалість процесу становили:  $P = 10$  кПа,  $t = 55^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 1100$  кг/м<sup>3</sup>.

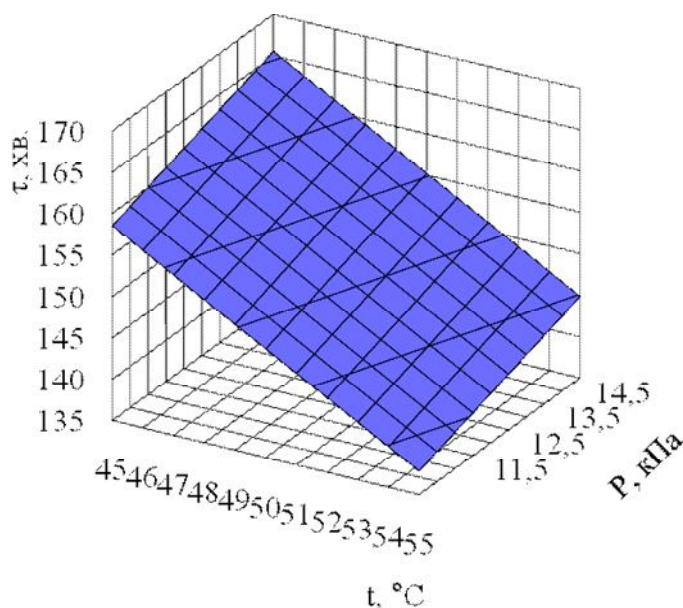


Рисунок 1 – Залежність тривалості процесу спінювання та сушіння ( $\tau$ ) від температури ( $t$ ) і тиску ( $P$ ) у робочій камері за постійної щільності набивання снєків ( $\rho = 1160$  кг/м<sup>3</sup>)

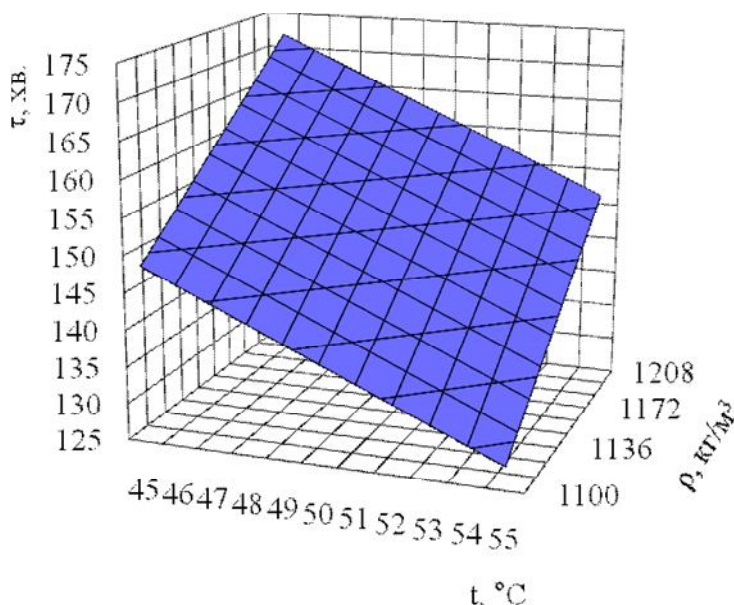


Рисунок 2 – Залежність тривалості процесу спінювання та сушіння ( $\tau$ ) від температури у робочій камері ( $t$ ) і щільності набивання снєків ( $\rho$ ) за постійного тиску у робочій камері ( $P = 12,5$  кПа)

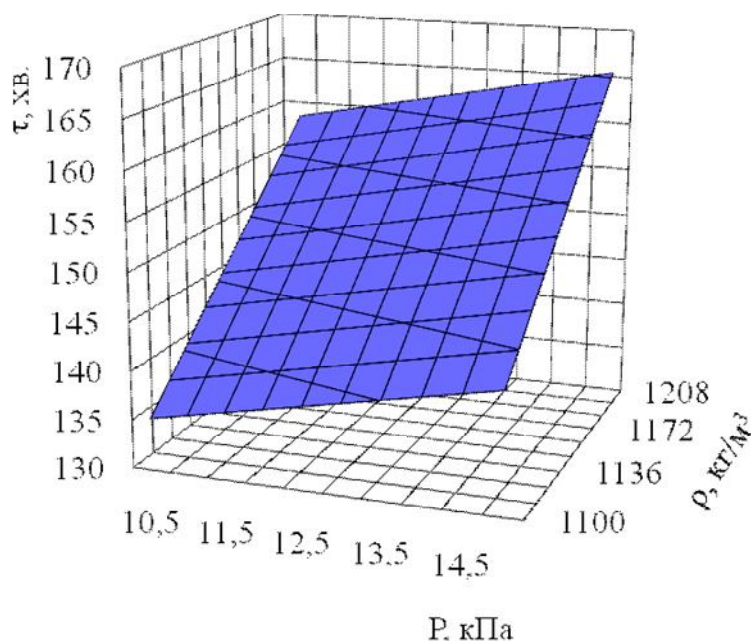


Рисунок 3 – Залежність тривалості процесу спінювання та сушіння ( $\tau$ ) від тиску у робочій камері ( $P$ ) і щільності набивання снєків ( $\rho$ ) за постійної температури у робочій камері ( $t = 50^\circ\text{C}$ )

На рисунках 1-3 показано графічну інтерпретацію впливу двох факторів за фіксованого значення третього фактора на тривалість процесу спінювання і сушіння рибної сировини.

Аналіз наведених площин показує, що на графіках немає екстремуму, а є тільки мінімальні значення тривалості процесу в межах заданих інтервалів параметрів. Таким чином, на підставі проведеного трифакторного експерименту для мінімізації тривалості спінювання і сушіння під час виробництва снєків із фаршу бичка кругляка були визначені раціональні параметри процесу, які становили:

$$P = 10 \text{ кПа}, t = 55^\circ\text{C}, \rho = 1100 \text{ кг/м}^3.$$

Параметри, що отримали, дозволять розробити технічні умови, технічну інструкцію та регламент для впровадження запропонованого способу перероблення рибної сировини на спінені суміші у виробництво.

### Список літератури

1. Сукманов В.О. Обґрунтування необхідності переробки рибної сировини з додаванням термолабільних біологічно активних добавок та її використання як плаваючих кормів для рибництва / В.О. Сукманов, О.А. Яшонков // Обладнання та технології харчових виробництв. – 2011. – Вип. 26. – 568 с.
2. Пат. 65473 Україна, МПК А01К61/00. Спосіб отримання спінених сумішей / Сукманов В.О., Яшонков О.А. (Україна); заявник та патентовласник Керченський державний морський технологічний університет. – № u 2011 05429; заявл. 28.04.11; опубл. 12.12.11, Бюл. № 23. – 3 с.
3. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 279 с.



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 // Рыбне 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