

УДК 637.146.34:579.8:613.292-021.632
DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.1.50>

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ БІФІДО-ЙОГУРТУ З ЯГІДНИМИ КАПСУЛЬОВАНИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ

Ткаченко Н. А. – доктор технічних наук, професор,
професор кафедри технології молока, олійно-жирових продуктів та індустрії краси
Одеського національного технічного університету
ORCID ID: 0000-0002-2557-3927
Researcher ID: E-1313-2016

Маштаков Д. С. – аспірант кафедри технології молока, олійно-жирових продуктів
та індустрії краси Одеського національного технічного університету
ORCID ID: 0009-0002-0857-0027
Researcher ID: MFK-2575-2025

Розширення асортименту ферментованих молочних продуктів із пробіотиками та залучення до їх споживання нових груп населення, зокрема молоді, сприятиме зміцненню здоров'я українців. Тому одним із актуальних завдань сьогодення є розробка рецептур і технологій біфідо-продуктів, зокрема біфідо-йогурту, з інноваційними інгредієнтами – капсульованими ягідними наповнювачами, які широко застосовуються у цій категорії продукції в країнах ЄС.

Для проведення експериментально-статистичних досліджень щодо визначення оптимального співвідношення сировинних інгредієнтів у рецептурі біфідо-йогурту використовували капсульовані наповнювачі вітчизняного підприємства ПП «ВОМОНД» (м. Івано-Франківськ) – торгова марка «Ікра імітована» (з сиропом), біфідо-йогурт з масовою часткою жиру 1,5 % та сухе знежирене молоко. Для оптимізації рецептурного складу біфідо-йогурту з капсульованими ягідними наповнювачами було використано програмний пакет Statistica 12 (StatSoft, Inc.). Встановлено оптимальне співвідношення сировинних інгредієнтів у рецептурі біфідо-йогурту з капсульованим наповнювачем з сиропом на основі оброблення експериментальних даних щодо сенсорних характеристик цільового продукту: найвище значення сенсорної оцінки – 20 балів – досягається при масовій частці сухого знежиреного молока у продукті 3,28 % та масовій частці наповнювача «Ікра імітована «Малина» з сиропом 9,86 %, при цьому масова частка біфідо-йогурту складає 86,86 %.

Зразки біфідо-йогурту з капсульованими наповнювачами «Ікра імітована «Яблуко», «Ікра імітована «Груша», «Ікра імітована «Виноград», «Ікра імітована «Вишня», «Ікра імітована «Чорниця» та «Ікра імітована «Полуниця» з сиропом, вироблені за оптимальними рецептурами, також отримали сенсорну оцінку 19–20 балів, що підтверджує правильність результатів, отриманих у ході проведення даних експериментально-статистичних досліджень щодо визначення оптимальних співвідношень сировинних інгредієнтів у біфідо-йогурті з капсульованими наповнювачами з сиропом.

Ключові слова: біфідо-йогурт, капсульований ягідний наповнювач з сиропом, сухе знежирене молоко, рецептура, оптимальний склад, сенсорна оцінка.

Tkachenko N. A., Mashtakov D. S. Optimization of the composition of bifido-yogurt with encapsulated berry filler

Expanding the range of fermented dairy products with probiotics and attracting new consumer groups, particularly young people, will contribute to improving the health of Ukrainians. Therefore, one of today's urgent tasks is the development of formulations and technologies for bifido-products, particularly bifido-yogurt, with innovative ingredients—encapsulated berry fillers—which are widely used in this category of products in EU countries.

For experimental-statistical studies aimed at determining the optimal ratio of raw ingredients in the bifido-yogurt formulation, encapsulated fillers from the domestic company PP «VOMOND» (Ivano-Frankivsk)—trademark «Imitated Caviar» (with syrup), bifido-yogurt with a fat content of 1.5%, and skimmed milk powder were used. To optimize the formulation of bifido-yogurt with

encapsulated berry fillers, the Statistica 12 software package (StatSoft, Inc.) was used. The optimal ratio of raw ingredients in the bifido-yogurt formulation with an encapsulated syrup-based filler was established based on the processing of experimental data regarding the sensory characteristics of the target product: the highest sensory evaluation score—20 points—was achieved with a skimmed milk powder content of 3.28% and a filler content of «Imitated Caviar 'Raspberry' with syrup» of 9.86%, while the bifido-yogurt content was 86.86%.

Samples of bifido-yogurt with encapsulated fillers such as «Imitated Caviar 'Apple',» «Imitated Caviar 'Pear',» «Imitated Caviar 'Grape',» «Imitated Caviar 'Cherry',» «Imitated Caviar 'Blueberry',» and «Imitated Caviar 'Strawberry'» with syrup, produced according to optimal formulations, also received sensory evaluations of 19–20 points. This confirms the accuracy of the results obtained in the course of these experimental-statistical studies on determining the optimal raw ingredient ratios in bifido-yogurt with encapsulated syrup-based fillers.

Key words: bifido-yogurt, encapsulated berry filler with syrup, skimmed milk powder, formulation, optimal composition, sensory evaluation.

Вступ. Раціональне харчування є ключовим фактором збереження здоров'я, підтримання працездатності та підвищення якості життя людини. Дотримання його основних принципів, зокрема балансу між отриманою та витраченою енергією, забезпечення організму необхідними поживними речовинами в оптимальному співвідношенні та регулярного режиму харчування, сприяє зміцненню здоров'я й довголіттю [1].

Особливу цінність мають ферментовані молочні продукти, збагачені пробіотиками, зокрема йогурти, які чинять позитивний вплив на організм. Тому розширення асортименту йогуртів із пробіотиками та залучення нових груп споживачів, зокрема молоді, сприятиме покращенню здоров'я української нації [1–3].

Постановка проблеми. Під час військового стану молокопереробні підприємства продовжують працювати за усталеними схемами, зосереджуючись на збереженні бізнесу та виживанні в складних умовах. Через це розвиток нових лінійок продукції, які могли б зацікавити споживачів, часто залишається поза увагою. Водночас освоєння нових ринкових ніш і залучення нових категорій споживачів, зокрема молоді, є стратегічно важливим кроком, адже ця група залишатиметься платоспроможною ще протягом 30–40 років [4].

Саме тому доцільно розвивати інноваційні продукти, які є не лише корисними та біологічно повноцінними, а й привабливими для молоді віком 16–30 років. Особливу увагу варто приділити ферментованим пробіотичним продуктам із наповнювачами, адже традиційні молочні продукти не завжди викликають інтерес у молодого покоління, яке прагне нових, сучасних рішень. Інтеграція актуальних європейських споживчих трендів у культуру харчування української молоді є перспективним і важливим завданням [1, 4].

Перспективними до розробки інноваційними продуктами, цікавими для молодого покоління віком 16–30 років, за результатами проведених досліджень [5], є йогуртові продукти, яким віддали перевагу 52,2 % опитаних респондентів; згідно думки 75 % зазначені продукти повинні або можуть містити капсульовані фруктові або ягідні наповнювачі.

Мета дослідження. Метою представленого наукового дослідження стала оптимізація рецептурного складу біфідо-йогурту з ягідними капсульованими наповнювачами вітчизняного виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У концепції здорового харчування особливе значення надається функціональним продуктам, які є стратегічним напрямом розвитку харчової промисловості. Вони виготовляються за інноваційними технологіями й розглядаються не лише як джерело поживних речовин та

енергії, а й як комплекс із вираженими профілактичними, лікувальними та оздоровчими властивостями, що відповідає фізіологічним потребам організму.

Суттєву частку ринку функціональних продуктів займають молочні вироби, які в Україні та країнах Європи становлять близько 65 % його загального обсягу. Більше ніж 80 % цієї категорії представлено продуктами з про- та/або пребіотиками, ще 8 % – з біологічно активними речовинами, а решта 12 % включає інші види функціональних молочних виробів [1]. Найдинамічніше розвивається група пробіотичних молочних продуктів, що пов'язано з високим рівнем дисбактеріозу серед населення України, який, за статистикою, охоплює 65–75 % дорослих і 95 % дітей [1, 4].

На українському ринку вже представлені пробіотичні, пребіотичні та синбіотичні ферментовані напої, білкові продукти з додаванням про- та пребіотиків. Багато з них містять фруктові, ягідні й овочеві наповнювачі, що надає їм різноманітних смаків і дає змогу виробникам постійно розширювати асортимент ферментованих продуктів для здорового харчування, задовольняючи потреби навіть найвибагливіших споживачів [4].

У країнах Євросоюзу на споживчому ринку широко представлені ферментовані молочні продукти з фруктово-ягідними та ягідними капсульованими наповнювачами. Це інноваційні продукти, які є корисними, смачними, цікавими для споживача і мають високу харчову та фізіологічну цінність [2, 3]. Сьогодні в Україні є вітчизняні підприємства, зокрема ПП «ВОМОНД» (м. Івано-Франківськ), яке виробляє капсульовані ягідні та фруктові наповнювачі за інноваційними технологіями під торговою маркою «Ікра імітована» і реалізує їх на споживчому ринку України, тому вони можуть бути використані за сировину для розроблення біфідо-йогурту з капсульованими наповнювачами.

Виклад основного матеріалу. Для оптимізації складу біфідо-йогурту з наповнювачем «Імітована ікра «Малина» з сиропом у якості сировинних інгредієнтів використовували: біфідо-йогурт з масовою часткою жиру 1,5 % та різною масовою часткою сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) і наповнювач «Імітована ікра «Малина» з сиропом.

Для приготування суміші для виробництва біфідо-йогурту використовували молоко незбиране, молоко знежирене та сухе знежирене молоко (СЗМ). Молоко незбиране змішували з молоком знежиреним згідно рецептури, нормалізоване молоко підігрівали до температури 40 °C, вносили необхідну кількість СЗМ для забезпечення необхідного вмісту СЗМЗ (у відповідності до матриці планування експерименту – табл. 4), фруктозу у кількості 0,1 % як біфідогенний чинник, суміш перемішували 20 хв., фільтрували, нагрівали до температури 65 °C, гомогенізували при тиску 14 МПа, пастеризували за температури 95 °C з витриманням 10 хв., охолоджували до температури 40 °C і вносили заквашувальні культури – йогуртові культури у складі закваски *FD DVS Yo-flex 180* (кількість закваски – 100 ум.од. на 1000 кг йогуртової суміші) та біфідобактерії у складі закваски *FD DVS Bb-12* (кількість закваски – 10 г на 1000 кг йогуртової суміші). Сквашування здійснювали 5 годин до досягнення рН=4,6 од. Отримані ферментовані біфідо-йогурти охолоджували до 20 °C і у кожен зразок вносили необхідну кількість наповнювача «Імітована ікра «Малина» з сиропом (у відповідності до матриці планування експерименту – табл. 4), готовий біфідо-йогурт з капсульованим наповнювачем перемішували 5 хв. і визначали у ньому сенсорні характеристики. Балову оцінку для визначення сенсорних характеристик біфідо-йогурту з капсульованим наповнювачем розробили у ході виконання наукового дослідження (табл. 1–3).

Критерієм оптимізації складу біфідо-йогурту з капсульованим наповнювачем «Малина» було обрано сенсорну оцінку продукту, яка має вигляд полінома другого ступеню:

$$CO = b_0 + b_1 \cdot C_1 + b_{11} \cdot C_1^2 + b_2 \cdot C_2 + b_{22} \cdot C_2^2 + b_{12} \cdot C_1 \cdot C_2, \quad (1)$$

де CO – сенсорна оцінка біфідо-йогурту з капсульованим наповнювачем «Малина», бали; b_0 – константа; C_1 – масова частка сухого знежиреного молока (СЗМ), %; C_2 – масова частка наповнювача «Імітована ікра «Малина» з сиропом, %; $b_1, b_{11}, b_2, b_{22}, b_{12}$ – коефіцієнти для кожного елемента полінома.

Матриця планування та експериментальні значення функції відклику представлені в табл. 4. Моделювання та обробку експериментальних даних виконували за допомогою пакета *Statistica 12* (StatSoft, Inc.) [6].

Таблиця 1

**Балова оцінка смаку та аромату біфідо-йогурту
з капсульованим наповнювачем у «Малина»**

Кількість балів	Характеристика смаку та аромату біфідо-йогурту з капсульованим наповнювачем у «Малина»
10	Чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаків і ароматів, в міру солодкий, з присмаком внесеного наповнювача, який особливо розкривається при розжовуванні продукту
9	Чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаків і ароматів, в міру солодкий, з недостатньо вираженим присмаком внесеного наповнювача, який розкривається лише при розжовуванні продукту
8	Чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаків і ароматів, занадто солодкий, з вираженим присмаком внесеного наповнювача, який особливо розкривається при розжовуванні продукту
7	Чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаків і ароматів, недостатньо солодкий, з недостатньо вираженим присмаком внесеного наповнювача, який розкривається лише при розжовуванні продукту
6	Чистий, недостатньо виражений кисломолочний, без сторонніх присмаків і ароматів, в міру солодкий, з присмаком внесеного наповнювача, який особливо розкривається при розжовуванні продукту
5	Чистий, недостатньо виражений кисломолочний, без сторонніх присмаків і ароматів, занадто солодкий, з вираженим присмаком внесеного наповнювача, який особливо розкривається при розжовуванні продукту
4	Чистий, недостатньо виражений кисломолочний, без сторонніх присмаків і ароматів, недостатньо солодкий, з недостатньо вираженим присмаком внесеного наповнювача, який розкривається лише при розжовуванні продукту
3	Чистий, виражений кисломолочний, без сторонніх присмаків і ароматів, в міру солодкий, з присмаком внесеного наповнювача, який особливо розкривається при розжовуванні продукту
2	Чистий, виражений кисломолочний, без сторонніх присмаків і ароматів, занадто солодкий, з вираженим присмаком внесеного наповнювача, який особливо розкривається при розжовуванні продукту
1	Чистий, виражений кисломолочний, без сторонніх присмаків і ароматів, недостатньо солодкий, з недостатньо вираженим присмаком внесеного наповнювача, який розкривається лише при розжовуванні продукту

Таблиця 2

**Балова оцінка консистенції та зовнішнього вигляду біфідо-йогурту
з капсульованим наповнювачем у «Малина»**

Кількість балів	Характеристика зовнішнього виду і консистенції біфідо-йогурту з капсульованим наповнювачем у «Малина»
6	Однорідна, ніжна, в'язка, з порушеним згустком, з «кульками» фруктового наповнювача, які рівномірно розподіленні по усій масі продукту
5	Однорідна, дуже в'язка, щільна, з порушеним згустком, з «кульками» фруктового наповнювача, які рівномірно розподіленні по усій масі продукту
4	Однорідна, ніжна, з низькою в'язкістю, з порушеним згустком, з «кульками» фруктового наповнювача, які рівномірно розподіленні по усій масі продукту
3	Однорідна, ніжна, в'язка, з порушеним згустком, з «кульками» фруктового наповнювача, які не зовсім рівномірно розподіленні по усій масі продукту
2	Однорідна, ніжна, в'язка, з порушеним згустком, з незначною кількістю «кульок» фруктового наповнювача, які рівномірно розподіленні по усій масі продукту
1	Однорідна, ніжна, в'язка, з порушеним згустком, з незначною кількістю «кульок» фруктового наповнювача, які не зовсім рівномірно розподіленні по усій масі продукту

Таблиця 3

**Балова оцінка кольору біфідо-йогурту
з капсульованим наповнювачем у «Малина»**

Кількість балів	Характеристика кольору біфідо-йогурту з капсульованим наповнювачем у «Малина»
4	Обумовлений кольором внесеного наповнювача, однорідний, з рівномірно розподіленими «кульками» наповнювача характерного для даного наповнювача кольору
3	Обумовлений кольором внесеного наповнювача, однорідний, з не рівномірно розподіленими «кульками» наповнювача характерного для даного наповнювача кольору
2	Обумовлений кольором внесеного наповнювача, однорідний, з рівномірно розподіленими «кульками» наповнювача і з наявністю «кольорового ореола» навколо кульок наповнювача
1	Обумовлений кольором внесеного наповнювача, не однорідний, з не рівномірно розподіленими «кульками» наповнювача і з наявністю «кольорового ореола» навколо кульок наповнювача

Для перевірки значущості коефіцієнтів регресії (1) було побудовано діаграму Парето, яку представлено на рис. 1 (L – лінійний ефект, K – квадратичний ефект).

На вказаній діаграмі Парето (рис. 1) наведено стандартизовані коефіцієнти, які відсортовано за абсолютними значеннями. Аналіз даних показує, що масова частка наповнювача лінійна є незначущою, оскільки колонка оцінки зазначеного ефекту не перетинає вертикальну лінію, що є 95 %-вою довірчою ймовірністю. Отримане при цьому рівняння з розрахованими коефіцієнтами має вигляд:

Таблиця 4

Матриця планування та функція відклику

Номер досліджу	Масова частка СЗМ (C_1)		Масова частка капсульованого наповнювача «Малина» (C_2)		Сенсорна оцінка, бали
	кодований рівень	%	кодований рівень	%.	
1	-1	1,96	-1	6,55	12
2	$-\sqrt{2}$	3,00	0	5,00	13
3	-1	4,04	+1	6,55	16
4	0	4,50	$+\sqrt{2}$	10,00	18
5	+1	4,04	+1	13,45	14
6	$+\sqrt{2}$	3,00	0	15,00	14
7	+1	1,96	-1	13,45	14
8	0	1,50	$-\sqrt{2}$	10,00	18
9	0	3,00	0	10,00	19
10	0	3,00	0	10,00	19
11	0	3,00	0	10,00	20
12	0	3,00	0	10,00	20

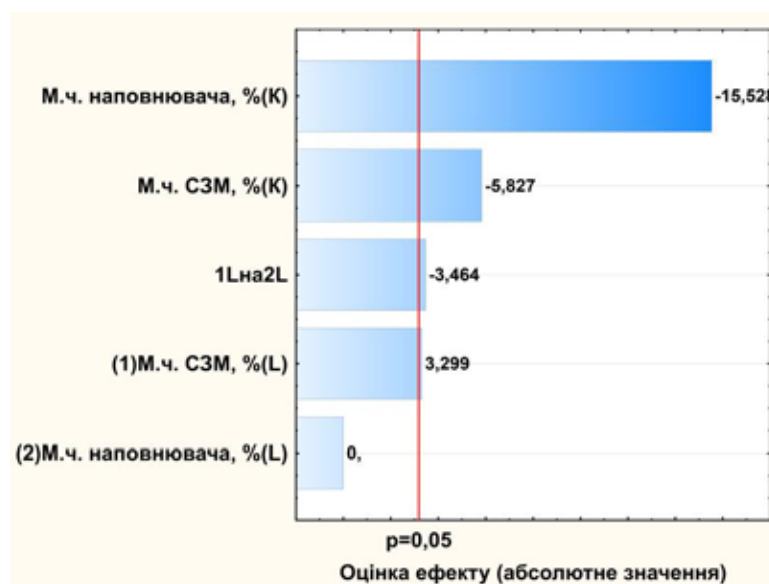
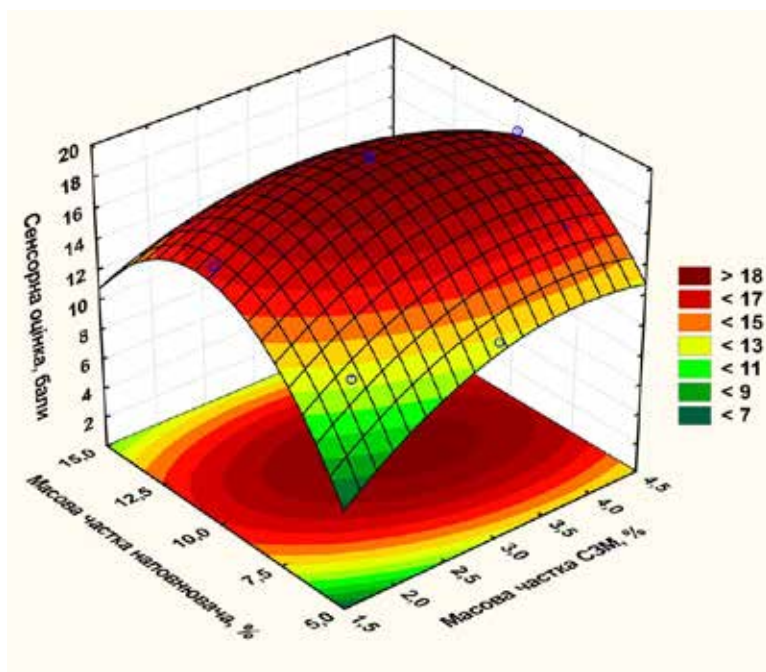


Рис. 1. Діаграма Парето

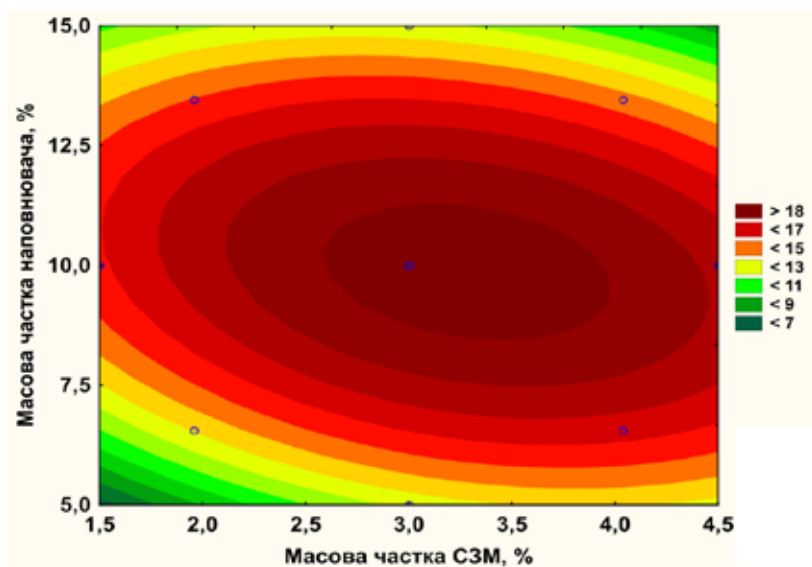
$$CO = 15,550 + 0,844 \cdot C_1 - 0,642 \cdot C_1^2 - 0,060 \cdot C_2^2 + 0,365 \cdot C_1 \cdot C_2 \quad (2)$$

Адекватність розробленої моделі (2) перевіряли методом дисперсійного аналізу, результати якого свідчать, що значення коефіцієнтів детермінації ($R^2 = 0,93538$ та $R_{adj}^2 = 0,89845$) близькі до одиниці. Це дозволяє зробити висновок, що отримана модель (2) адекватно описує відклик.

Описаний поліномом (2) сукупний вплив масової частки СЗМ та капсульованого наповнювача «Імітована ікра «Малина» наведений на рис. 2.



а)



б)

Рис. 2. Залежність сенсорної оцінки біфідо-йогурту з наповнювачем «Імітована ікра «Малина» від масової частки СЗМ та наповнювача:
а) – поверхня відклику; б) – контурний графік

Збільшення масової частки СЗМ від 1,50 до 3,28 % та масової частки наповнювача «Ікра імітована «Малина» від 5,0 до 9,86 % сприяє покращенню сенсорних характеристик біфідо-йогурту і підвищенню балової оцінки з 6 до 20 балів (рис. 2). При підвищенні вмісту СЗМ від 1,50 до 3,28 % масова частка СЗМЗ збільшується від 9,60 до 11,38 %, що сприяє отриманню біфідо-йогуртової основи з високою в'язкістю, насиченим, ніжним кисломолочним смаком і рівномірним білим кольором, а збільшення кількості капсульованого наповнювача «Малина» від 5,0 до 9,86 % надає цільовому продукту приємного рожевого забарвлення, «кульки» наповнювача рівномірно розподіляються у біфідо-йогурті, їх смак органічно поєднується з йогуртовою основою і повністю розкривається при розжовуванні кульок.

Подальше збільшення у рецептурі біфідо-йогурту масової частки СЗМ до 4,5 % сприяє отриманню йогуртової основи з надмірно високою в'язкістю, що знижує балову оцінку як за показником «зовнішній вигляд та консистенція», так і за показником «смак та аромат» – рис. 2. При цьому, збільшення в рецептурі масової частки наповнювача «Ікра імітована «Малина» від 9,86 до 15,0 % сприяє не зовсім рівномірному розподіленню «капсул» наповнювача у продукті, що також знижує загальну балову оцінку цільового продукту.

Зважаючи на отримані результати, оптимальні масові частки СЗМ та наповнювача «Ікра імітована «Малина» з сиропом у рецептурі біфідо-йогурту з капсульованим наповнювачем складають 3,28 та 9,86 % відповідно.

Зразки біфідо-йогурту з капсульованими наповнювачами «Ікра імітована «Яблуко», «Ікра імітована «Груша», «Ікра імітована «Виноград», «Ікра імітована «Вишня», «Ікра імітована «Чорниця» та «Ікра імітована «Полуниця» з сиропом, вироблені за оптимальними рецептурами, отримали сенсорну оцінку 19–20 балів, що підтверджує правильність результатів, отриманих у ході проведення даних експериментально-статистичних досліджень щодо визначення оптимальних співвідношень сировинних інгредієнтів у біфідо-йогурті з капсульованими наповнювачами з сиропом.

Висновки. На основі проведених експериментально-статистичних досліджень розроблено рекомендації щодо оптимального співвідношення сировинних інгредієнтів у складі біфідо-йогурту з капсульованим наповнювачем: оптимальне співвідношення біфідо-йогурту з масовою часткою жиру 1,5 %, сухого знежиреного молока та «Ікра імітованої» з сиропом складає 86,86 : 3,28 : 9,86.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дідух Н.А., Чагаровський О.П., Лисогор Т.А. Заквашувальні композиції для виробництва молочних продуктів функціонального призначення. *Одеса: Видавництво «Поліграф»*, 2008. 236 с. ISBN 978–966–8788–79–6.
2. Sanders M. E., & Merenstein D. J. Probiotics: Considerations for human health. *Nutritional Reviews*. 2019. 76(1). P. 60–82.
3. Quigley E. M. Prebiotics and probiotics in digestive health. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. 2017. 15(8). P. 1040–1046.
4. Молочна галузь України та її майбутнє через 10 років: проблеми, національна програма розвитку та державна підтримка [Електронний ресурс]. *Режим доступу*: <https://agropolit.com/blog/412-molochna-galuz-ukrayini-ta-yiyi-maybutnye-cherez-10-rokiv-problemi-natsionalna-programa-rozvitku-ta-derjavna-pidtrimka>. Дата звернення 30.09.2023 р.
5. Ткаченко Н.А., Подолян З.С., Чагаровський О.П. Маркетингове дослідження вподобань дівчат-спортсменів при розробці нових білкових продуктів. *Scientific Works*. 2024. № 87, Том 2. С. 26–32. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v87i2.2827>

6. Myers R., Montgomery D., Anderson-Cook C. Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments. 4th ed. *Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons*. 2016. 825 pp.

REFERENCES:

1. Didux, N.A., Chagarovs'kyj, O.P., Ly'sogor, T.A. (2008). Zakvashuval'ni kompozy'ciyi dlya vy'robny'cztva molochny'x produktiv funkcional'nogo pry'znachennya. *Odesa: Vy'davny'cztvo «Poligraf»*. 236. ISBN 978–966–8788–79–6. [in Ukrainian].
2. Sanders, M.E., & Merenstein, D.J. (2019). Probiotics: Considerations for human health. *Nutritional Reviews*. 76(1). 60-82.
3. Quigley, E.M. (2017). Prebiotics and probiotics in digestive health. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. 15(8). 1040-1046.
4. Molochna galuz` Ukrayiny` ta yiyi majbutnye cherez 10 rokiv: problemy`, nacional`na programa rozvy`tku ta derzhavna pidtry`mka [*Elektronny`j resurs*]. Rezhy`m dostupu: <https://agropolit.com/blog/412-molochna-galuz-ukrayini-ta-yiyi-maybutnye-cherez-10-rokiv-problemi-natsionalna-programa-rozvitku-ta-derjavna-pidtrimka>. Data zvernennya 30.09.2023. [in Ukrainian].
5. Tkachenko, N.A., Podolyan, Z.S., Chagarovs'kyj, O.P. (2024) Markety`ngove doslidzhennya vpodoban` divchat-sportsmeniv pry` rozrobci novy`x bilkovy`x produktiv. *Scientific Works*. 2024. 87(2). 26-32 [in Ukrainian].
6. Myers, R., Montgomery, D., Anderson-Cook, C. (2016). Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments. 4th ed. *Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons*. 825.