

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМІЗОВАНОЇ РЕЦЕПТУРИ НИЗЬКОЛАКТОЗНОГО СИНБІОТИЧНОГО ЙОГУРТОВОГО МОРОЗИВА

А. А. ТРУБНИКОВА, кандидат технічних наук, викладач спеціальних технологічних дисциплін,

<http://orcid.org/0000-0001-6971-136X>

E-mail: sc228004@ukr.net

Механіко-технологічний коледж Одеської національної академії харчових технологій

О. Б. ЧАБАНОВА, кандидат технічних наук, доцент кафедри технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики,

<http://orcid.org/0000-0002-1455-2987>

E-mail: oksana_chabanova17@ukr.net

С. М. БОНДАР, кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій,

<http://orcid.org/0000-0002-7908-2074>

E-mail: snbondar2011@gmail.com

Т. Є. ШАРАХМАТОВА, кандидат технічних наук, декан факультету технології та товарознавства харчових продуктів і продовольчого

бізнесу, <http://orcid.org/0000-0001-6080-6995>

E-mail: sharahmatova@ukr.net

Т. В. НЕДОБІЙЧУК, кандидат технічних наук., доцент кафедри готельного і ресторанного бізнесу,

E-mail: nedobeychuk@ukr.net

Одеська національна академія харчових технологій

Анотація. Оптимізація рецептури низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива з використанням безлактозного білкового концентрату маслянки і йогурту із зниженим вмістом лактози є метою роботи задля розширення асортименту низьколактозної молочної продукції та поліпшення функціональних і оздоровчих властивостей морозива. Оптимізацію рецептури низьколактозного морозива проводили градієнтним чисельним методом, а саме - спряжених градієнтів (Conjugate Gradient). Алгоритм оптимізації реалізований в системі Mathcad. Наведено масив даних з набором показників щодо вибору раціонального співвідношення безлактозного білкового концентрату маслянки і йогуртової основи та вмісту інуліну для сумішей морозива. Досліджено вплив співвідношення головних складових сумішей на піноутворювальну здатність, що визначає якість готового продукту. Враховується важливий показник – фактор концентрування маслянки, яку додатково очищено від лактози методом

діафільтрації. Графічний матеріал, що представлений в роботі, наочно демонструє, що раціональним співвідношенням йогуртної основи і безлактозного білкового концентрату маслянки, що отриманий ультрафільтрацією з діафільтраційним очищенням при факторі концентрування $FK=5$ є 40,6:59,4. В роботі оптимізовано вміст додаткових компонентів, що входять до рецептури нового виду морозива, масові частки яких склали: інуліну – 3,69 %; лактулози – 1 %; імбіру – 0,3 %; лимонної кислоти – 0,15 %; стабілізаційної системи – 0,2 %. Визначено хімічний склад та показники якості суміші для низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива, що складається з сировинних компонентів в оптимальному співвідношенні. Вміст лактози в дослідному зразку суміші морозива складає 0,99 % при антиоксидантній активності, вищій у 3,1 рази, ніж у суміші для традиційного молочного йогуртового морозива. Найбільш вірогідне число молочнокислих мікроорганізмів для отриманого продукту складає КУО/см³ – $(2,8 \pm 0,9) \cdot 10^8$, кількість біфідобактерій, КУО/см³ – $(2,5 \pm 0,2) \cdot 10^9$. Результати досліджень будуть впроваджені на молочних підприємствах при виробництві морозива.

Ключові слова: суміші для морозива, оптимізація складу, методи оптимізації, функціональні молочні продукти, продукти з маслянки.

Актуальність.

Одним із широко вживаних продуктів з молочної сировини є морозиво. Теоретичні дослідження в галузі виробництва та оптимізації складу харчових, в тому числі молочних продуктів вказують на те, що виробництво морозива, як в Україні, так і за її межами є прибутковою галуззю (Національне рейтингове агентство «Рюрік», 2013). Одним з нових видів морозива, що вже поширюється на ринку США та Західної Європи є Frozen yogurt, тобто йогуртове морозиво з пробіотиками та зниженим вмістом жиру (Павлюк та ін., 2011; Шарахматова і Танасова, 2015). Непереносимість лактози, ожиріння та інші широко розповсюджені захворювання потребують особливої уваги до виробництва продуктів з молока. Розширення асортименту низько- та безлактозних продуктів є актуальним але потребує застосування сучасного математичного підходу, який мінімізує витрати на дослідження і сприяє отриманню кінцевого продук-

ту з оптимальним складом, високою харчовою цінністю та технологічними властивостями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Використання в рецептурах морозива білкових концентратів, що виробляють із вторинної молочної сировини, дозволяє домогтися більш високих показників якості готових видів морозива, більш раціонального використання сировини і матеріалів, зменшення фінансових витрат підприємства (Tomer and Kumar, 2013).

Кількість основних та додаткових компонентів у рецептурах морозива доволі велика. Це визначає необхідність у проведенні значної кількості досліджень для отримання оптимального вмісту компонентів і досягнення кращого результату для високих функціональних властивостей продукту (Оленев, 2003; Поліщук, 2013).

Математичні методи оптимізації складу широко застосовуються на прак-

тиці та у наукових дослідженнях. Розв'язання задачі оптимізації полягає у знаходженні екстремуму цільової функції в області допустимих рішень (Кононюк, 2012; Остапчук, 2006; Мовчан, 2012).

Аналіз математичних моделей і інформаційних технологій, що використовуються сучасною наукою для оцінки і оптимізації якості продуктів харчування розглядаються разом з функціональними можливостями створеного комплексу програм для проектування рецептур страв і продуктів здорового харчування (Борисенко та ін., 2012).

В роботі (Малозьомов, 2015) представлений огляд і порівняння різних варіантів методу спряжених градієнтів. Велика увага приділяється найбільш ефективним способам здійснення лінійного пошуку. Досліджуються питання збіжності. На прикладі задачі про мінімізацію циклічної функції перевіряється ефективність роботи методу.

Розробляються різні версії нелінійних методів спряжених градієнтів з акцентом на властивостях глобальної збіжності (Hager and Zhang, 2006).

Визначаються аспекти чисельної реалізації методу спряженого градієнта (МСГ) для систем лінійних алгебраїчних рівнянь із симетричною позитивно визначеною матрицею за наявності помилок округлення, що забезпечує точне рішення в кінцевій кількості етапів ітерації (Kireev, 2015).

Мета роботи – визначення оптимального складу низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива математичним методом за піноутворювальною здатністю.

Матеріали та методи досліджень.

Досліджувалась поведінка рідких безлактозних концентратів маслянки (ББКМ) та йогуртної основи (Й) із

зниженим вмістом лактози, що має пре- та пробіотичні властивості. Стабілізатор «Ультра текс» ICE1 – 0023 (ПП «Текстра-Віта», Україна), що має наступний склад: крохмаль модифікований Е 1442, концентрат сироваткових білків, крохмаль модифікований Е 1450, моно- та дігліцериди жирних кислот Е 471, гуарова камідь Е 412, камідь ріжкового дерева Е 410; препарат інуліну (ТМ «Frutafit IQ», виробництва «Sensus», Roosendal, Нідерланди); препарат лактулози («Fresenius Kabi Company», Італія); лимонна кислота (ТМ «Мрія», Україна); порошок імбиру (ТМ «Еко», Україна) досліджувались як додаткові компоненти.

Безлактозні концентрати маслянки виготовлялись шляхом ультрафільтрації сировини та їх діалізації із застосуванням нанопермеату ультрафільтрату маслянки. Йогуртна основа із зниженим вмістом лактози виготовлялась шляхом ферментації та сквашування суміші маслянки, сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки та закваски «Йогурт» (VIVO), до складу якої входять культури: *Streptococcus thermophilus* + *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* + *Lactobacillus acidophilus* + *Bifidobacterium lactis*). Суміші для низьколактозного йогуртового морозива готували в лабораторних умовах наступним чином. У рідкий білковий безлактозний концентрат маслянки додавали, згідно рецептури, інулін, лактулозу, імбир, стабілізатор, цукор ретельно перемішували та витримували суміш; суміш фільтрували; пастеризували; охолоджували; вносили йогурт із зниженим вмістом лактози та лимонну кислоту; перемішували та направляли суміш на дозрівання; потім суміш фризрували.

Основні показники якості визначались наступними методами: титрована кислотність – за ГОСТ 3624–92; активна

кислотність – потенціометричним методом – за ДСТУ 8550:2015; масова частка білка – методом Кьельдаля за ДСТУ 8063:2015; масова частка жиру – гравіметричний метод за ДСТУ ISO 7208-2002; масова частка лактози – ферментативним способом – за стандартом ФРН DIN 10344-82; піноутворювальна здатність – за (Поліщук, 2013); кількість молочно-кислих мікроорганізмів визначали – за ГОСТ 9225-84а; кількість біфідобактерій – за ДСТУ 7355:2013; органолептичні показники кисломолочного морозива – за ДСТУ ISO 22935-2-2011; масова частка цукрози, йодометричним методом – за ГОСТ 3628; антиоксидантна активність, експрес-методом – за (Хомич та ін., 2015) метод заснований на каталітичній реакції переносу електрона продуктом в системі: нікотинамідаденіндинуклеотид відновлений НАД·H₂-K₃Fe(CN)₆ ферриціанід калію. Критерієм оцінки антиоксидантної активності функціонального інгредієнту стало визначення відношення їх оптичної густини у системі NAD·H₂-K₃[Fe(CN)₆] до оптичної густини самої системи в часі.

$$Y_n = \frac{12,19 + 0,072 \cdot x + 0,053 \cdot x^2 + 2,72 \cdot y - 66,55 \cdot y^2 + 58,25 \cdot y^3}{1 - 0,013 \cdot x - 2,48 \cdot y + 1,97 \cdot y^2}, \quad (1)$$

Оптимізацію складу проводили чисельним методом спряжених градієнтів (Conjugate Gradient).

Алгоритм досліджень наступний.

Відповідно до рецептури визначались вміст лактулози, цукру, стабілізаційної системи, імбиру та лимонної кислоти. Визначався вміст інуліну. Встановлювалась цільова функція. Задавалась область допустимих обмежень вихідних параметрів для факторів концентрування та вмісту лактози. Встановлювався основний критерій оптимізації.

Даний алгоритм реалізовано в системі MathCad.

Результати досліджень та їх обговорення.

Масив даних з набором показників щодо вибору раціонального співвідношення безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки і йогуртової основи (ББКМ/Й) за фактора концентрування (ФК) 3, 4, 5 наведено у табл. 1.

У якості показника, за яким проводили підбір рецептурних складових вибрано піноутворювальну здатність (Оскільки вона залежить як від співвідношення ББКМ/, так і від ФК, то і вид функції буде двопараметричним.

Оскільки піноутворення сумішей слугує основним технологічним показником, загальний вид функції, що визначає цей основний технологічний критерій для морозива має вигляд:

$$Y_n = f(\text{ФК}, \text{Й}),$$

де ФК – фактор концентрування маслянки,

Й – співвідношення ББКМ/Й.

В результаті обробки масиву даних (табл. 1) в системі MathCad отримано наступний вид рівняння:

Коефіцієнт детермінації – 0.98.

Графічний вираз змін двохпараметричної функції вказує на те, що її значення має певні максимуми в досить вузькій області дослідження для фактору концентрування ФК 3-5 та Й в межах 0,397-0,456. В цій області досліджується найбільше значення за фактора концентрування 5 та співвідношенні основних складових 0,456, що детально наведено у табл. 2.

Лактоза міститься також у йогуртній основі (Й). Дослідження вмісту лактози у суміші в залежності від співвідношення ББКМ/Й дає чітку лінійну

1. Підбір співвідношення ББКМ/Й

Співвідношення ББКМ/Й	Піноутворювальна здатність, % ФК = 3	Піноутворювальна здатність, % ФК = 4	Піноутворювальна здатність, % ФК = 5
80:20	20	22	24
70:30	24	26	28
60:40	26	28	30
50:50	22	24	32
40:60	17	21	26
30:70	12	16	20
20:80	10	12	15

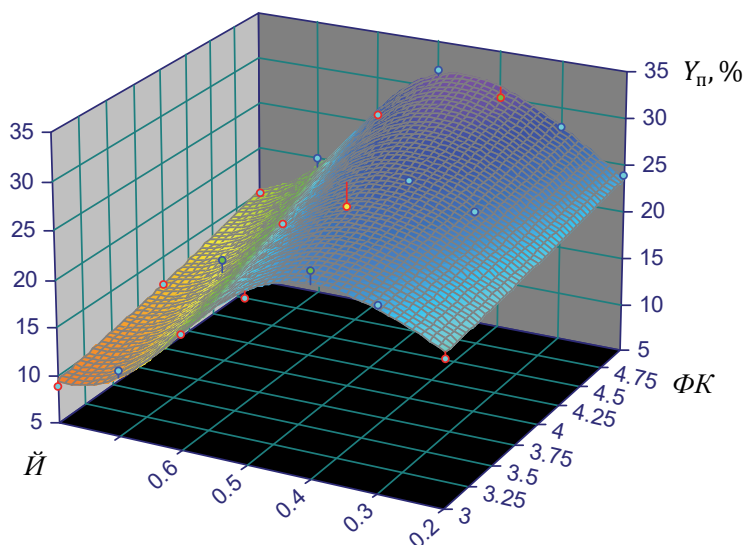


Рис. 2. Зміна піноутворюючої здатності від фактору концентрування і частки йогуртної основи в суміші

2. Максимуми функції (рівняння 1) за різних значень ΦK та відповідні їм значення вмісту йогуртної основи $\dot{Y}$

ΦK	$\dot{Y}$	Y_{max}
3	0.397	24.772
3.5	0.41	26.137
4	0.424	27.741
4.5	0.44	29.627
5	0.456	31.851

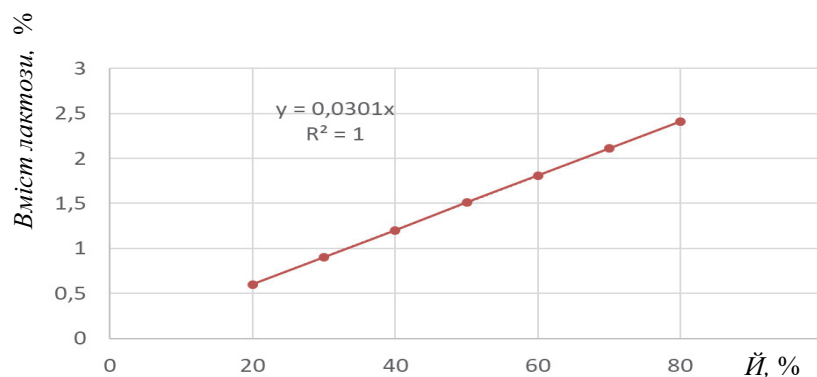


Рис. 3. Вміст лактози в залежності від частки в суміші йогуртної основи

залежність, що відображено на рис. 3.

Цей факт дозволяє надати простий математичний вираз для обчислення вмісту лактози, що слугує фактором обмеження, оскільки за визначенням нормативних документів вміст лактози в морозиві не повинен перевищувати 1%:

$$\text{Лактоза} = 0.0301 \cdot \text{Й}, (2)$$

Важливим додатковим інгредієнтом низьколактозного морозива є інулін. Встановлено, що від вмісту цього компоненту значною мірою залежить піноутворення суміші (табл. 3).

За зростання концентрації інуліну піноутворювальна здатність зростає від 55 % до 72 %. Межі концентрації інуліну в цьому випадку визначаються з міркувань функціональних властивостей.

Математичний вираз для цільової функції:

$$Y_{\text{ін}} = 43.333 + 39.037 \cdot x - 8.1587 \cdot y^2 + 0.5185 \cdot y^3, (3)$$

3. Масив даних для підбору концентрації інуліну

Концентрація інуліну, % (X)	Піноутворювальна здатність, Y, %
1	55
2	68
3	80
4	80
5	76
6	72

З коефіцієнтом детермінації – 0.996 надає змогу точно розрахувати вміст інуліну при максимумі піноутворювальної здатності з рівняння (3), що складає 3,69%.

Область допустимих при процедурі оптимізації рецептури суміші для морозива обмежень

$$3 \leq \Phi K \leq 5; , (2)$$

$$0.2 \leq \text{Й} \leq \frac{\text{Лактоза}_{\text{max}}}{3.0128}$$

де – максимальний допустимий вміст лактози, %;

Лактоза_{max} – коефіцієнт перерахунку вмісту лактози в залежності від йогуртної основи Й з рівняння (2).

Результати розрахунків оптимальної рецептури в системі MathCad при співвідношенні ББКМ/Й 59,4/40,6 наведено в табл. 4.

4. Оптимальна рецептура на морозиво низьколактозне

Сировина	Маса, кг на 1000 кг морозива
Рідкий ББКМ, отриманий діафільтрацією УФ концентрату при ФК=5	484,7
Порошок інуліну (СР=95,8 %)	36,9
Порошок лактулози (СР=99,2 %)	10,0
Цукор пісок	130,0
Стабілізаційна система	2,0
Порошок імбиру	3,0
Йогуртна основа (Й)	331,9
Лимонна кислота кристалічна	1,5
Всього	1000,0

За отриманою рецептурою було виготовлено суміш низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива, в якому визначали масову частку складових та мікробіологічні показники якості. Органолептичні показники експериментальних зразків повністю відповідають вимогам нормативних документів.

Масова частка лактози в дослідній суміші становила – 0,99 %. Масова частка білків – 10,11 %, жирів – 1,28 %, сахарози – 12,8 %. Титрована кислотність – 56 °Т. Найбільш вірогідне число молочнокислих мікроорганізмів, КУО/см³ – $(2,8 \pm 0,9) \cdot 10^8$, кількість біфідобактерій, КУО/см³ – $(2,5 \pm 0,2) \cdot 10^9$.

Таким чином, за основним обмеженням вмісту лактози продукт повністю відповідає вимогам до низьколактозних продуктів. Разом з тим, визначається значна синбіотична цінність морозива, що виготовлене з такої суміші.

Антиоксидантна активність продукту – важливий функціональний показник, що визначається вмістом білків (особливо тих, що містять сірковмісні амінокислоти), фосфоліпідів та рецептурних компонентів, що входять до суміші морозива (інуліну та імбиру). Для досліджуваного зразка вона мала значення 345 ум. од, що

перевищує значення даної величини щодо суміші для виробництва традиційного йогуртового молочного морозива (110 ум. од. активності).

Висновки та перспективи.

Метод спряжених градієнтів (Conjugate Gradient) дозволяє з високою ефективністю провести оптимізацію рецептурного складу низьколактозного синбіотичного морозива. Застосування математичного апарату дозволяє встановити основні залежності, що впливають на важливі технологічні та функціональні властивості продукту, зокрема, щодо вмісту безлактозного концентрату маслянки та йогуртної основи.

Встановлено, що піноутворювальна здатність може слугувати за функцію, пошук максимуму якої дозволяє визначити співвідношення основних складових суміші для низьколактозного морозива. Визначено лінійний характер залежності вмісту лактози, як обмежувального фактору від співвідношення концентрату маслянки та йогуртної основи. Теоретично та експериментально доведено оптимальний склад рецептурних складових для виробництва низьколактозного синбі-

отичного йогуртового морозива. Визначено, що вміст інуліну має істотний вплив на технологічні характеристики суміші. Встановлено втричі більшу антиоксидантну активність суміші у порівнянні з такою ж за традиційною технологією. Результати досліджень можуть слугувати базою для розширення асортименту низьколактозного морозива та інших харчових продуктів.

Список використаної літератури

1. Аналітичний огляд ринку морозива України. Національне рейтингове агентство «Рюрік». Ринок морозива. 2013.
2. Павлюк, Р. Ю., Похарска, В. В., Берестова, А. А., Максимова, Н. П., Юрченко, І. С. Іноваційні технології розробки нових видів морозива для оздоровчого харчування. Професійна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2011. 2 (7) 36-44.
3. Шарахматова, Т., Танасова, Г. Розвиток галузі морозива в Україні. Продовольча індустрія АПК. 2015. № 5.
4. Vidisha Tomer, Arun Kumar. Development of High Protein Ice-Cream Using Milk Protein Concentrate. IOSR Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology (IOSR-JESTFT) e-ISSN: 2319-2402, ISSN: 2319-2399. Volume 6. Issue 5 (Sep. – Oct. 2013). PP 71-74.
5. Оленев, Ю. А. Структурные элементы смесей и мороженого. Молочная промышленность. 2003. № 3. С. 53—54.
6. Поліщук, Г. Є. Формування складних дисперсних систем молочного морозива з натуральними компонентами: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.04. Київ. 2013. 438 с.
7. Кононюк, А. Е. Основы теории оптимизации. Безусловная оптимизация. Киев. "ОсвітаУкраїни". 2012. 512 с.
8. Остапчук, М. В., Станкевич, Г. М., Математичне моделювання на ЕОМ. Одеса. Друк. 2006. 313 с.
9. Мовчан, А. П., Степанець, О. В. Методи статичної оптимізації. Навчальний посібник. Київ. НТУУ «КПІ». 2012. 138 с.
10. Ларионова, Е. И. Оптимизация рецептуры сахарного печенья с красной и черноплодной рябиной. Ползуновский вестник. 2017. № 2. С.37–40.
11. Колесникова, Н. В., Миронов, К. М. Научные принципы конструирования комбинированных продуктов питания. Улан-Удэ. Изд-во ВСГТУ. 2009. 80 с.
12. Борисенко, Л. А. Сарычева, А. А. Моделирование, разработка и оптимизация продуктов здорового питания. Монография. Ставрополь. СевКавГТУ. 2012. 197 с.
13. Сенчуrowa, Е. В. Оптимизация рецептуры творожных начинок. Фундаментальные исследования. 2007. № 11. С. 86-87.
14. Головки, М., Головки, Т., Геліх, А., Жеребкін, М. Оптимізація рецептурного складу фаршевих виробів на основі напівфабрикату з молюска прісноводного. Food Science and Technology. 2019. №12(4).
15. Caniyilmaz E., Uçarkuş B., Karaman S. Optimization of Formulation Ingredients and Aging Time for Ice Cream Processing Using Combined Design Approach. Journal of Food Processing and Preservation. 2016. Volume 40. Issue 6. P. 1325-1338.
16. Малозёмов, В. Н. Варианты метода сопряжённых градиентов. Семинар «CNSA & NDO». Избранные доклады. 29.10.2015. URL:<http://www.apmath.spbu.ru/cnsa/rep15.shtml#1029>.
17. Hager, W. W., Zhang, H. A Survey of Nonlinear Conjugate Gradient Methods. Pacific Journal of Optimization. 2006. Vol. 2. P. 335–358.
18. Kireev, I. V. Inexpensive stopping criteria in the conjugate gradient method. Computational technologies. 2015. V. 20. № 2. P. 44-55.
19. Патент на винахід 107506 C2 МПК G 01N 33/00 (2015.01). Спосіб визначення біологічної активності об'єктів природного походження. № U 201302626, заявл. 04.03.2013; опубл. 12.01.2015, Бюл. № 1.

References

1. Analitichnyy oghljad rynku morozyva Ukrainy [Analytical review of the ice cream market in Ukraine]. (2013). «Rurik» National Rating Agency. Ice cream market.
2. Pavljuk, R. Ju., Pogharsjka, V. V., Berestova, A. A., Maksymova, N. P., & Jurchenko, I. S. (2011). Innovacijni tekhnologiji rozrobky novykh vydiv morozyva dlja ozdorovchogho kharchuvannja. [Innovative technologies for the development of new types of ice cream for health food]. Profesijna tekhnika ta tekhnologiji kharchovykh vyrobnyctv restoranogho ghospodarstva i torhivli. 2 (7) 36-44.
3. Sharakhmatova, T., & Tanasova, Gh. (2015). Rozvytok ghaluzi morozyva v Ukraini [Development of the ice cream industry in Ukraine]. Prodovoljcha industrija APK, (5).
4. Tomer, V., & Kumar, A. (2013). Development of high protein ice-cream using milk protein concentrate. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT), 6, 71-74.
5. Olenev, Yu. A. (2003). Strukturnye elementy smesey i morozhenogo [Structural elements of mixes and ice cream]. Molochnaya promyshlennost, (5), 52-54.
6. Polishhuk, Gh. Je. (2013). Formation of complex dispersed systems of milk ice cream with natural components: dis. Dr. tech. Science. Kyiv. NUKhT.
7. Kononyuk, A.Ye. (2012). Osnovy teorii optimizatsii [Fundamentals of optimization theory]. Bezuslovnaya optimizatsiya. Kyiv. "OsvitaUkrainy". 512.
8. Ostapchuk, M. V., Stankevych, Gh.M., (2006). Matematyчне modeljuvannja na EOM [Mathematical modeling on a computer]. Odesa. Druk. 313.
9. Movchan, A. P., & Stepanecj, O. V. (2012). Metody statychnoji optymizaciji. Navch. posib [Methods of static optimization. Tutorial]. Kyiv. NTUU «KPI».
10. Larionova, Ye. I., Kozubaeva, L. A., & Larionova, I. A. (2017). Optimizatsiya retseptury sakharnogo pechenya s krasnoy i chernoplodnoy ryabinoy [Optimization of sugar cookie recipe with red and chokeberry]. Polzunovskiy vestnik, (2), 37-40.
11. Kolesnikova, N. V., & Mironov, K. M. (2009). Nauchnye printsipy konstruirovaniya kombinirovannykh produktov pitaniya [Scientific principles of designing combined food products]. Ulan-Ude. Izd-vo VSGTU. 80 s.
12. Borisenko, A. A., & Sarycheva, L. A. (2012). Modelirovanie, razrabotka i optimizatsiya produktov zdorovogo pitaniya: Monografiya [Modeling, development and optimization of healthy food products. Monograph]. Scientific magazine" Kontsep.
13. Senchurova, Ye. V. (2007). Optimizatsiya retseptury tvorozhnykh nachinok [Optimization of the recipe for curd fillings]. Fundamentalnye issledovaniya, (11), 48-48.
14. Gholovko, M. P., Gholovko, T. M., Zherebkin, M. V., Ghelikh, A. O., Gholovko, N. P., Gholovko, T. N., ... & Ghelykh, A. A. (2018). Optimization of the recepture composition of the rolls "Anodonta" based on mussels of the genus Anodonta. Food Science and Technology. 12 (4).
15. Caniyilmaz, E., Uçarkuş, B., Karaman, S. (2016). Optimization of formulation ingredients and aging time for ice cream processing using combined design approach. Journal of food processing and preservation, 40(6), 1325-1338.
16. Malozemov, V. N. (2015). Variants of the conjugate gradient method. Seminar "CNSA & NDO". Selected reports. 29. URL:<http://www.apmath.spbu.ru/cnsa/rep15.shtml#1029>.
17. Hager, W. W., & Zhang, H. (2006). A survey of nonlinear conjugate gradient methods. Pacific journal of Optimization, 2(1). 35-58.
18. Kireev, I. V. (2015). Inexpensive Stopping Criteria in the Conjugate Gradient Method. Computational technologies, 20(2). 44-55.
19. Patent 107506 S2 MPK G 01N 33/00 (2015.01). Method of determining the biological activity of objects of natural origin. U 201302626. 12.01.2015, Bul. 1.

A. Trubnikova, O. Chabanova, S. Bondar, T. Sharakhmatova, T. Nedobijchuk (2020). MATHEMATICAL MODELING OF OPTIMIZED RECEPTURAL OF LOW-LACTOSE SYMBIOTIC YOGHOURT ICE CREAM. ANIMAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY, 11(2): 73-82. <https://doi.org/10.31548/animal2020.02.083>.

Abstract. Optimization of the formulation of synbiotic yogurt ice cream low-lactose using lactose-free protein concentrate of buttermilk and yogurt with low lactose content is the goal of expanding the range of low-lactose dairy products and improving the functional and health properties of ice cream. Low-lactose ice cream formulation optimization was performed using a gradient numerical method, namely conjugated gradients (Conjugate Gradient). The optimization algorithm is implemented in Mathcad. An array of data with a set of indicators for the choice of a rational ratio of lactose-free protein concentrate of buttermilk and yogurt base and inulin content for ice cream mixtures is presented. The influence of the ratio of the main components of the mixtures on the foaming ability, which determines the quality of the finished product, has been studied. An important indicator is taken into account – the concentration factor of buttermilk, which is additionally purified from lactose by diafiltration. The graphic material presented in the work clearly demonstrates that the rational ratio of yogurt base and lactose-free protein concentrate of buttermilk, obtained by ultrafiltration with diafiltration purification at a concentration factor of $FC = 5$ is 40.6: 59.4. The content of additional components included in the recipe of a new type of ice cream is optimized in the work, the mass fractions of which were: inulin – 3.69 %; lactulose – 1 %; ginger – 0.3 %; citric acid – 0.15 %; stabilization system – 0.2 %. The chemical composition and quality indicators of the mixture for ice cream low-lactose synbiotic yogurt, consisting of raw materials in the optimal ratio, were determined. The lactose content in the test sample of the ice cream mixture was 0.99%, the antioxidant activity was 3.1 times higher than in the mixture for traditional yogurt ice cream. The most likely number of lactic acid microorganisms, CFU / cm³ is $(2.8 \pm 0.9) \cdot 10^8$, the number of bifidobacteria, CFU / cm³ is $(2.5 \pm 0.2) \cdot 10^9$. The results of the research will be implemented in dairy companies in the production of ice cream.

Keywords: ice cream mixes, composition optimization, optimization methods, functional dairy products, buttermilk products.
