

## Виявлення впливу казеїну на показники якості морозива з різним вмістом жиру

Г. Є. Поліщук, Н. М. Бреус, І. І. Шевченко, В. А. Гніцевич, Т. І. Юдіна,  
Г. М. Ножечкіна-Єрошенко, Т. В. Семко

*Досліджено вплив казеїну на показники якості морозива з різним вмістом жиру. За функціонально-технологічними характеристиками для збагачення морозива обрано казеїн міцелярний. Із застосуванням математичного моделювання у середовищі математичного пакету MathCad 15 оптимізовано масову частку казеїну міцелярного у складі морозива жирністю від 0 до 15 % з метою одержання продукту високої якості. На першому етапі для оптимізації функцій відгуку (збитості, опору таненню, органолептичних характеристик) за варійованого вмісту жиру та білку використано методологію поверхні відгуку. На другому етапі для моделювання використано комплексний показник якості морозива як функцію оцінок одиничних показників якості, переведених у масштабовані значення за допомогою коефіцієнтів вагомості. Встановлено зворотню залежність між значеннями оптимального вмісту білку та жирністю морозива. Для досягнення максимального технологічного ефекту у складі морозива жирністю 0–5 %, 6–10 % та 11–15 % потреба у казеїні міцелярному становить 6–5 %, 4–3 % та 2,5–1 %, відповідно. За результатами розрахунку процентної частки енергетичної цінності, що привнесена загальним білком (більше 20 %), було зроблено висновок про можливість віднесення морозива жирністю 0–5 % з масовими частками казеїну міцелярного 6–5 % і загального білка 9,7–8,7 % до категорії продуктів з високим вмістом білка. Морозиво жирністю 10–15 % з масовими частками казеїну міцелярного 3–1 % і загального білка 6,7–4,7 % може бути віднесено до продукту з підвищеним вмістом білка. Результати дослідження дозволяють розширити асортиментний ряд білоквмісного морозива для задоволення потреб споживачів різних груп*

*Ключові слова: морозиво, збагачення, казеїн міцелярний, оптимізація складу, комплексний показник якості*

### 1. Вступ

Пріоритетними критеріями вибору споживачами харчових продуктів є користь для здоров'я, безпечність, привабливі органолептичні характеристики, низька калорійність та цінова доступність. Зважаючи на це, у світі стрімко розвиваються технології морозива, збагаченого пробіотиками, біологічно-активними інгредієнтами, морозива з підсолоджувачами, морозива безлактозного та ін. [1–4]. Натомість, за рахунок високих показників якості морозиво з високим вмістом жиру ще й досі користується значним попитом. Тому перспективним напрямом удосконалення структури харчування споживачів є розширення асортиментного ряду низькожирного та нежирного морозива з покраще-

ними органолептичними показниками, у тому числі морозива підвищеної біологічної цінності, збагаченого білками. Оскільки білки як природні біополімери є функціонально-технологічними сполуками специфічної дії, їх вплив на показники якості морозива може бути непередбачуваним, особливо за низького вмісту жиру або за його відсутності. Тому складання рецептур морозива нежирного та морозива з вмістом жиру до 15 % збагаченого білками, має базуватися на конкретних рекомендаціях. Такі рекомендації можуть бути розроблені як результат наукового дослідження специфіки впливу білків на формування показників якості морозива різного хімічного складу.

## **2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми**

Характерними вадами консистенції морозива з низьким вмістом сухих речовин молока, а також морозива нежирного та низькожирного, є грубокристалічна структура, гетерогенна повітряна фаза, низький опір таненню [5]. Саме тому для запобігання виникненню вказаних вад у молочні суміші додатково вносять гідроколоїди, у тому числі білки, що також є одним із шляхів підвищення біологічної цінності продукту [6]. Морозиво низької калорійності з підвищеним вмістом білку є також одним із варіантів вирішення проблеми дефіциту білку, у тому числі у людей, які займаються спортом, потребують коригування ваги і фігури, мають щоденне високе фізичне навантаження [7].

Зазвичай для підвищення харчової цінності харчових продуктів застосовують молочні та молочно-білкові концентрати, а також білкові ізоляти [8, 9], зокрема:

- суху сироватку, у тому числі демінералізовану, гідролізовану;
- концентрати сироваткових білків (КСБ-УФ, ізоляти);
- казеїнати (натрію, кальцію);
- казеїн, у тому числі міцелярний;
- білкові концентрати з рослин.

Вказані інгредієнти за різного фракційного складу, ступеню оброблення та походження характеризуються функціонально-технологічними властивостями різної специфіки та ефективності [10, 11]. Але слід зазначити, що сухі молоко і сироватка привносять до складу морозива надлишок лактози і мінеральних солей, що негативно впливає на органолептичні показники продукту (утворення крупних кристалів лактози, солоний присмак). Казеїнати натрію та кальцію за перевищення вмісту 1 % надають морозиву лужного присмаку. Казеїн, одержуваний термокислотним способом, має низьку розчинність і тому ускладнює технологію морозива, збагаченого білком. Концентрати сироваткових білків незначно структурують суміші та, зазвичай, надають продукту гіркуватого присмаку. Але існує й інша альтернатива традиційним білкам з коров'ячого молока. Так, досліджено можливість застосування у складі морозива з низьким вмістом жиру гідролізату казеїну верблюжого молока у кількості не більше 2 % для формування кремоподібної консистенції готового продукту. За збільшення вмісту гідролізату білку органолептичні властивості морозива значно погіршуються [12], що виключає можливість застосування казеїну для збагачення. Білкові ізоляти з риб та рослин у складі морозива застосовують у якості кріопротекторів, які не лише

протидіють виморожуванню води за низькотемпературного оброблення, але й у кількостях 3 мг на 1 дм<sup>3</sup> значно покращують опір морозива таненню [13]. Але ці білки є занадто високовартісними і за вказаних кількостей також не можуть бути рекомендовані для збагачення морозива. Також вивчено можливість застосування концентрату сироваткового білку (WPC), обробленого високим тиском, у нежирному морозиві для покращання смаку та запаху [14]. Однак суттєвого ефекту від застосування концентрату сироваткових білків не виявлено.

Тому з точки зору технологічної ефективності найбільшої уваги заслуговує саме міцелярний казеїн, який одержують мікро- та ультрафільтрацією зі знежиреного молока без застосування кислот і високих температур. Такий спосіб дозволяє зберегти нативну структуру білку та його природні властивості [6]. Цей білковий концентрат має високий рівень засвоюваності та природні анаболітичні властивості, свіжий запах і м'який смак. Міцелярний казеїн є популярним у складі продуктів для спортивного харчування, оскільки він має повноцінний профіль амінокислот і містить амінокислоти з розгалуженими ланцюгами (BCAA). Особливістю міцелярного казеїну, на відміну від інших білкових концентратів, є його висока розчинність у воді та емульгувальна і піноутворювальна активність. Залежно від способу очищення, міцелярний казеїн містить від 70,0 до 85,5 % високоякісного білку [6, 9].

Вміст основних (базових) рецептурних компонентів у складі морозива на молочній основі (цукру, жиру, сухого знежиреного молочного залишку) нормується у межах певних діапазонів для різних видів морозива. Інші компоненти додають до сумішей морозива, відповідно до рекомендацій виробників, з метою формування заданих органолептичних показників конкретного виду продукту. У той же час, будь-які нові рецептурні інгредієнти, у тому числі білки, спроможні суттєво впливати на показники якості готового продукту за прояву поверхневої активності, вологозв'язувальної та структуруючої здатності, стабілізації фізико-хімічних характеристик готового продукту [15].

Особливо важливу технологічну функцію молочні білки можуть виявляти у морозиві молочному з підвищеним вмістом води, зокрема за вмісту жиру до 5,0 %. За дефіциту сухих речовин, у тому числі й жиру, у такому морозиві значно погіршуються органолептичні характеристики через втрату вершкового присмаку і формування грубокристалічної структури. Саме тому численні компанії, які спеціалізуються у сфері інновацій у технології морозива, пропонують до застосування концентрати рослинних і молочних білків та полісахариди, або суміші білків та полісахаридів у якості міметиків молочного жиру. Зазвичай, масова частка білків у морозиві на молочній основі у складі сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) становить від 2,0 до 3,7 % [16]. У той же час, вказаний вміст білку недостатній для віднесення морозива до статусу продукту з високим вмістом білку. Відповідно до Регламенту ЄС № 1924/2006 Європейського парламенту та Ради від 20 грудня 2006 року [17], харчовим продуктом з високим вмістом білку є такий, у якому принаймні 20 % енергетичної цінності продукту забезпечується білком.

За попередніми розрахунками енергетичної цінності морозива різної жирності, може бути зроблено наступні висновки. Морозиво нежирне, що містить до 5 % жиру і 10–12 % СЗМЗ, максимально наближене до статусу продукту з

високим вмістом білку за його суттєвого відсоткового внеску в енергетичну цінність. За підвищення вмісту жиру до 7,5 %, у морозиво слід додатково вносити не менше 3,5 % білку. Для морозива вершкового (масова частка жиру від 8,0 до 11,5 %, а масова частка СЗМЗ 10 %) потреба у додатковому внесенні білку зростає до 4,0–8,9 %. Для пломбіру жирністю від 12 % додаткове внесення білку становить від 9 % і більше. Натомість, високий вміст білків надмірно загущує суміші, суттєво знижує збитість морозива, консистенція продукту стає занадто щільною і тягучою, може з'явитися специфічний присмак за одночасного суттєвого зменшення розмірів кристалів льоду [18]. Так, розроблено рецептуру високобілкового морозива, збагаченого композицією казеїну та ізоляту сироваткових білків за співвідношення 20:80 у кількості від 24 до 26 % [6]. Однак слід зазначити, що рецептуру складено без врахування існуючих рекомендацій щодо дотримання балансу між загальним вмістом сухих речовин (від 25 до 40 %) і водою (решта). У складі сухих речовин обов'язковими є такі компоненти: цукор та цукристі речовини (від 12–14 до 16–17 %), сухий знежирений молочний залишок (від 8 до 12 %). Вміст жиру коливається у межах від 0 до 20 %. Тобто, занадто високий вміст білку знижує унормований вміст вказаних компонентів морозива і, відповідно погіршує показники якості продукту. Розроблена рецептура також не є універсальною за сталого вмісту жиру.

Отже, застосування білків молока у складі морозива з метою збагачення та надання йому певних споживчих властивостей доволі обмежене. Зважаючи на те, що білки передбачено застосовувати у складі морозива в основному як гідроколіди за доволі низького загального вмісту, а існуючі розробки не є універсальними для морозива різної жирності, можна зробити наступний висновок. Розробка науково обґрунтованого складу морозива, збагаченого білком, за варіюваного вмісту жиру та з дотриманням загальних вимог до вмісту сухих речовин, є перспективним напрямом дослідження.

### **3. Ціль та задачі дослідження**

Метою дослідження є виявлення впливу казеїну на показники якості морозива різної жирності. Це дасть можливість підвищити харчову цінність продукту та покращити структуру харчування споживачів.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні задачі:

- побудувати адекватні рівняння регресії, що відображають вплив вмісту міцелярного казеїну на показники якості морозива різної жирності;
- провести аналіз поверхонь відгуку для визначення оптимального вмісту білку у складі морозива різної жирності, що максимізують одиничні та комплексні показники якості морозива.

### **4. Матеріали та методи досліджень, що застосовуються для проведення оптимізації складу морозива, збагаченого білком**

#### **4.1. Досліджувані матеріали та обладнання, що використовувались в експерименті**

Дослідження проводили з використанням казеїну міцелярного з масовою часткою білку 80 % марки Willmax 80 («ТОВ Гадячсир», Україна).

Як базові рецептурні інгредієнти використовували молоко коров'яче питне, молоко коров'яче сухе знежирене, сухі вершки, масло вершкове, стабілізаційну систему Cremodan SE 406 (DuPont™ Danisco®), цукор білий кристалічний.

Масова частка цукру у всіх зразках була однаковою і становила 15 %. Вміст стабілізатору для морозива вершкового і пломбіру за рекомендаціями виробника встановлено на рівні 0,4 %, а для морозива нежирного і з низьким вмістом жиру – 0,6 %. Масова частка сухого знежиреного молочного залишку у всіх зразках морозива становила 10 % (у тому числі молочного білку – 3,7 %, молочного цукру – 5,45 %).

Для покращання процесу гідратації міцелярний казеїн вносили у суміші морозива за температури 40–45 °С шляхом попереднього змішування з цукром у співвідношенні 1:3. Суміші фільтрували, пастеризували за температури 85±2 °С впродовж 5-ти хв, гомогенізували за тиску 10+2,5 МПа, охолоджували до температури 4±2 °С. Після витримування не менше 2-х годин суміші фризрували на фризери періодичної дії. Зразки м'якого морозива загартовували і зберігали не менше 48-ми годин.

Зразки сумішей фризрували за допомогою фризера марки ФПМ-3,5/380-50 «Ельбрус-400» (АТ «РОСС», м. Харків, Україна) в умовах навчальної лабораторії кафедри технології молока і молочних продуктів НУХТ.

Суміші гомогенізували за допомогою лабораторного гомогенізатора-диспергатора моделі 15M-8TA «Lab Homogenizer & Sub-Micron Disperser» (GAULIN CORPORATION, Massachusetts, USA).

Зразки морозива загартовували і зберігали у морозильній камері "Caravell" A/S (Данія) за температури мінус (22±1) °С.

#### **4. 2. Методи визначення показників властивостей зразків морозива та оптимізації його складу**

Дослідження органолептичних показників морозива проводили за 10-ти бальною шкалою (смак і запах – 6 балів; консистенція – 3 бали; колір і зовнішній вигляд – 1 бал).

Збитість м'якого морозива визначали ваговим методом за різницею маси зразків однакового об'єму суміші та морозива, що виражена у відсотках, відповідно до формули:

$$S = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \cdot 100, \quad (1)$$

де  $M_1$  – маса склянки з сумішшю, г;  $M_2$  – маса склянки з морозивом, г.

Задовільним вважали значення показника збитості не менше 80 %.

Опір таненню визначали за часом накопичення 10 см<sup>3</sup> рідини (плаву), що витікає зі зразку морозива у формі циліндра діаметром 30 мм і висотою 50 мм за отеплення при температурі 20±1 °С. За задовільний показник опору таненню приймали значення, що не менші за 41 хв.

Розрахунок оптимального складу морозива, збагаченого міцелярним казеїном, виконували у середовищі математичного пакету MathCad 15.

Існуючі моделі оптимізації рецептур зводили до завдання регресійного аналізу експериментальних даних методом багатовимірної апроксимації. Даний метод дозволив знайти оптимальні значення вмісту міцелярного казеїну за змінного вмісту жиру морозива, за яких формуються задані фізико-хімічні та органолептичні показники якості продукту.

Для оптимізації функцій відгуку з метою розробки нового виду морозива, збагаченого білком, авторами використано методологію поверхні відгуку за допомогою графічних 3D моделей [19].

У загальному вигляді функція відгуку описується таким поліномом:

$$\hat{y}(x, b) = b_0 + \sum_{l=1}^n b_l x_l + \sum_{k=1}^n b_k x_k^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n b_{ij} x_i x_j, \quad (2)$$

де  $x \in R^n$  – вектор змінних,  $b$  – вектор параметрів.

За критерії оптимізації складу морозива обрано збитість ( $S$ , %), опір таненню ( $C$ , хв) та органолептичні показники (ОП, бали). Незалежними чинниками, якими варіювали, обрано масову частку міцелярного казеїну ( $B$ , %) в діапазоні від 0 до 6 % та масову частку жиру ( $J$ , %) в діапазоні від 0 до 15 %.

Оптимальне співвідношення між масовими частками жиру та молочного білку у складі морозива визначали за допомогою комплексного показника якості (КП). Цей показник враховує сукупний вплив білку та жиру на збитість, опір таненню, органолептичні показники та на коефіцієнти вагомості одиничних показників.

Комплексний показник якості визначали як функцію оцінок одиничних показників якості, переведених у відмасштабовані значення, з урахуванням коефіцієнтів вагомості окремих показників за формулою (3):

$$КП_j = \sum^M \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n КП_j^{M_j}}, \quad (3)$$

де  $M_j$  – вагомості основних характеристик  $0 \leq M_j \leq 1$ , комплексний показник якості  $1 \leq КП_j \leq 10$ .

Для експериментальних даних, що досліджувалися, було прийнято такі коефіцієнти вагомості:

- $M_1$  – збитість (0,1);
- $M_2$  – опір таненню (0,15);
- $M_3$  – органолептичні показники (0,75).

При цьому:

$$\sum_{j=1}^n M_j = 1. \quad (4)$$

Для переведення одиничних показників у діапазон від 1 до 10 вихідні дані, масштабували за виразом (5)

$$y = \frac{(y_{\max} - y_{\min}) \cdot (x - x_{\min})}{x_{\max} - x_{\min}} + y_{\min}. \quad (5)$$

## 5. Вибір алгоритму математичного моделювання складу морозива різної жирності, збагаченого білком

### 5.1. Оптимізація вмісту білку у морозиві різної жирності за допомогою методології поверхні відгуку

Моделювання складу морозива було проведено за впливу кількісних вхідних змінних (вміст жиру та білку у заданих діапазонах) на вихідні характеристики (збитість, опір таненню, органолептичні показники).

Характер розподілу експериментальних точок в факторному просторі вказує на те, що залежності можуть мати вигляд поліномів другого ступеню:

$$S = b_0 + b_1Ж + b_{11}Ж^2 + b_2Б + b_{22}Б^2 + b_{12}ЖБ, \quad (6)$$

$$C = b_0 + b_1Ж + b_{11}Ж^2 + b_2Б + b_{22}Б^2 + b_{12}ЖБ, \quad (7)$$

$$ОП = b_0 + b_1Ж + b_{11}Ж^2 + b_2Б + b_{22}Б^2 + b_{12}ЖБ, \quad (8)$$

де  $b$  – константа; Ж – масова частка жиру, %; Б – масова частка міцелярного казеїну, %.

Для оцінки невідомих параметрів  $b_0, b_1, b_2$  застосовано метод найменших квадратів (МНК). Згідно з цим методом невідомі параметри функції обираються таким чином, щоб сума квадратів відхилень експериментальних (емпіричних) значень  $Y_i$  від їх розрахункових (теоретичних)  $Y_{ip}$  значень була мінімальною, тобто:

$$S = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{ip})^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \varphi(X_i, b_0, b_1, \dots, b_k))^2 \rightarrow \min. \quad (9)$$

Для виконання дослідження передбачені два фактори на чотирьох рівнях. Зокрема, вибір чотирьох рівнів значень масової частки жиру (0, 5, 10 та 15 %) обумовлений існуючим у харчовій промисловості поділом морозива на окремі види за вмістом жиру (нежирне, молочне, вершкове, пломбір). Чотири рівні значень масової частки казеїну (0, 2, 4 та 6 %) знаходяться у діапазоні, що забезпечує помірне структурування здатних і здатність до збивання сумішей морозива. Зазвичай вміст казеїну у складі харчових продуктів коливається у межах від 2 до 4 %. Таким чином, комбінування співвідношень між вмістом білку та жиру у визначених діапазонах значень, всередині яких знаходяться технологічно значимі піддіапазони, визначає необхідність проведення 16-ти експериментів.

Задані значення вхідних варійованих факторів та одержані значення вихідних характеристик наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Значення вхідних варійованих факторів та вихідних характеристик

Номер зразку	Варійовані фактори		Функції відгуку		
	Ж, %	Б, %	S, %	C, хв	ОП, бали
1	0	0	54,0	35,0	5,5
2	5	0	59,5	41,0	7,3
3	10	0	64,1	43,9	8,2
4	15	0	68,0	45,0	9,0
5	0	2	70,2	40,1	8,5
6	5	2	81,8	49,5	9,3
7	10	2	96,2	56,0	10,0
8	15	2	98,0	58,0	10,0
9	0	4	83,0	46,4	9,4
10	5	4	95,0	54,5	10,0
11	10	4	86,1	54,5	9,5
12	15	4	86,0	55,8	9,4
13	0	6	94,5	53,0	10,0
14	5	6	80,1	53,0	9,6
15	10	6	78,0	54,8	9,2
16	15	6	70,1	57,3	8,8

Оцінка похибки апроксимуючих поліномів (6), (7) та (8) здійснювалася за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-1}}, \quad (10)$$

де  $\hat{y}_i$  – значення, розраховані за допомогою регресійного рівняння,  $y_i$  – значення експериментальних даних.

Отримані рівняння з розрахованими коефіцієнтами мають вигляд:

$$S = 30,763 + 5,56Ж - 0,21b_1Ж^2 + 14,764Б - 1,442Б^2 - 0,407ЖБ, \quad (11)$$

$$C = 21,875 + 2,758Ж - 0,073Ж^2 + 6,295Б - 0,396Б^2 - 0,18ЖБ, \quad (12)$$

$$ОП = 3,593 + 0,578Ж - 0,014Ж^2 + 2,306Б - 0,204Б^2 - 0,085ЖБ. \quad (13)$$



Для показника збитості середньоквадратичне відхилення становить  $\sigma_s=4\%$ , для показника опору таненню –  $\sigma_c=2$  хв, для органолептичних показників –  $\sigma_{оп}=0,7$  балів, що свідчить про досить високий ступінь відтворюваності результатів дослідження за допомогою площини відгуку.

На рис. 1–3 наведені графічні залежності функцій відгуку від варійованих параметрів – масової частки казеїну та масової частки жиру у складі морозива.

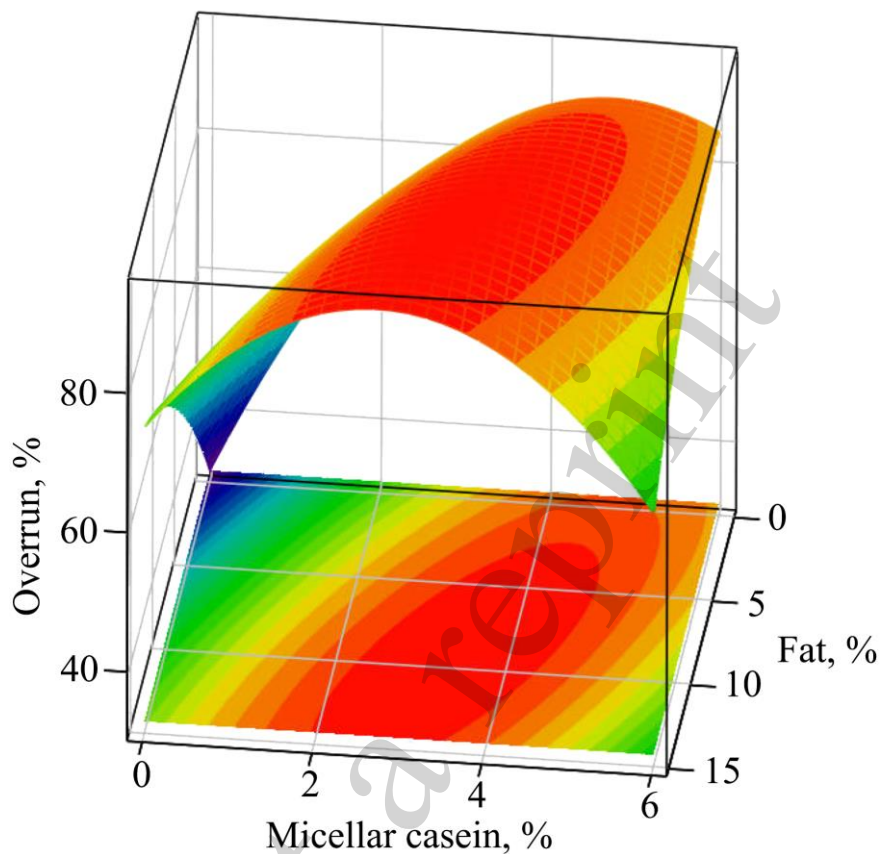


Рис. 1. Графічна залежність збитості морозива від масових часток жиру та казеїну міцелярного

Відповідно до рис. 1, високу збитість ( $S \geq 80\%$ ) одержано за умови застосування міцелярного казеїну в діапазоні від 1 до 6 %, залежно від жирності. Але цей показник стає незадовільним у разі внесення менше 2 % казеїну у нежирні та низькожирні суміші та за перевищення вмісту казеїну більше 5 % у сумішах жирністю від 10 до 15 %.

Високий опір таненню ( $C \geq 41$  хв) (рис. 2) отримано практично в усьому діапазоні заданого вмісту казеїну та жиру, окрім систем, що не містять вказані складові.

У той же час, відповідно до рис. 3, найвищий бал за органолептичними показниками одержали зразки жирністю 10–15 %, збагачені 2 % міцелярного казеїну, жирністю 5 %, що містить 4 % казеїну, та зразок нежирний в вмістом 6 % казеїну.

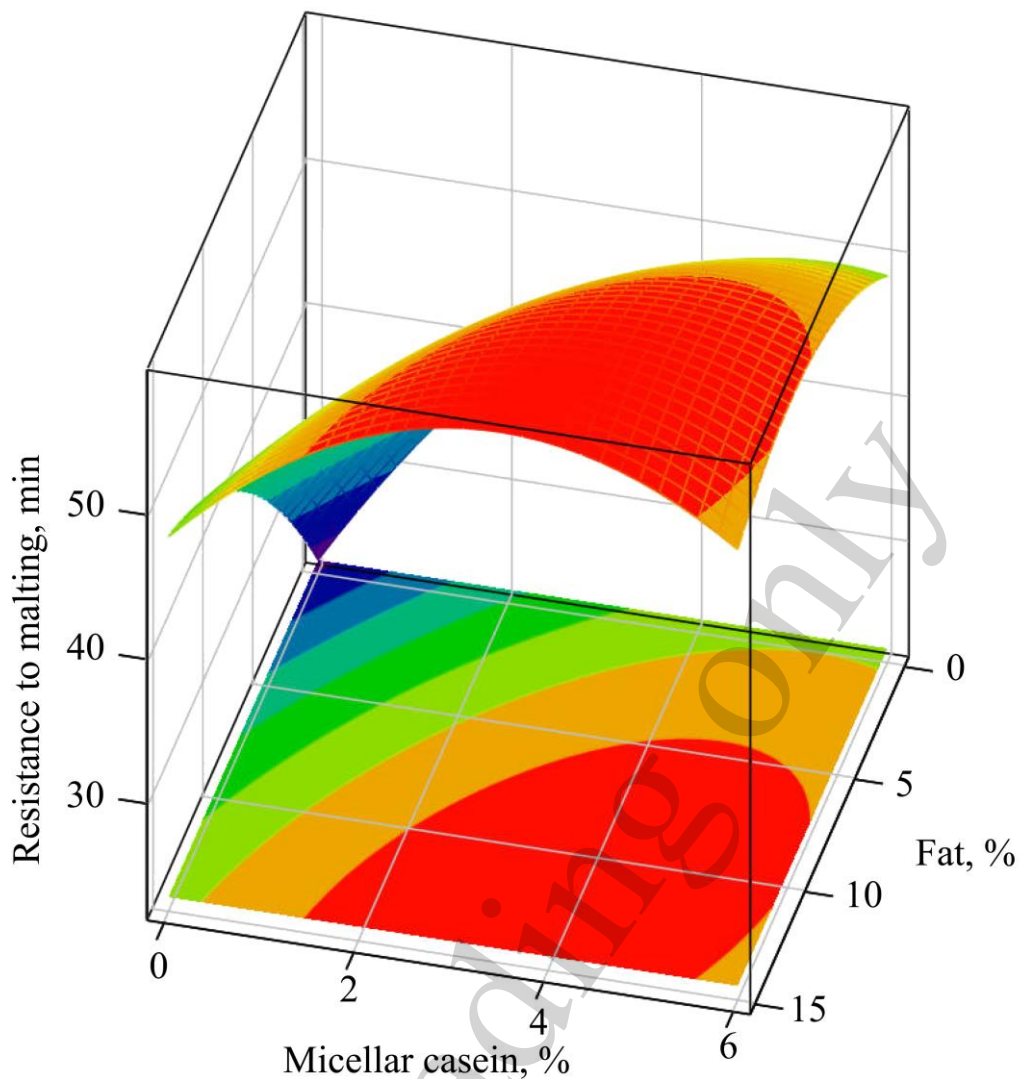


Рис. 2. Графічна залежність опору танення морозива від масових часток жиру та казеїну міцелярного

Отже, можна зробити висновок, що рекомендовані значення одиничних показників якості (збитість, опір морозива таненню та органолептичні показники продукту), не дають можливості визначити оптимальні масові частки сировинних інгредієнтів (жиру та білку). Збитість не нижче 80 %, опір таненню не менше 41 хв та органолептичні показники, максимальна кількість балів яких становить 10, досягнуті за дещо різних діапазонів вмісту жиру та казеїну міцелярного. Саме тому для оптимізації складу морозива за змінного вмісту жиру і міцелярного казеїну було вирішено застосувати комплексний показник якості.

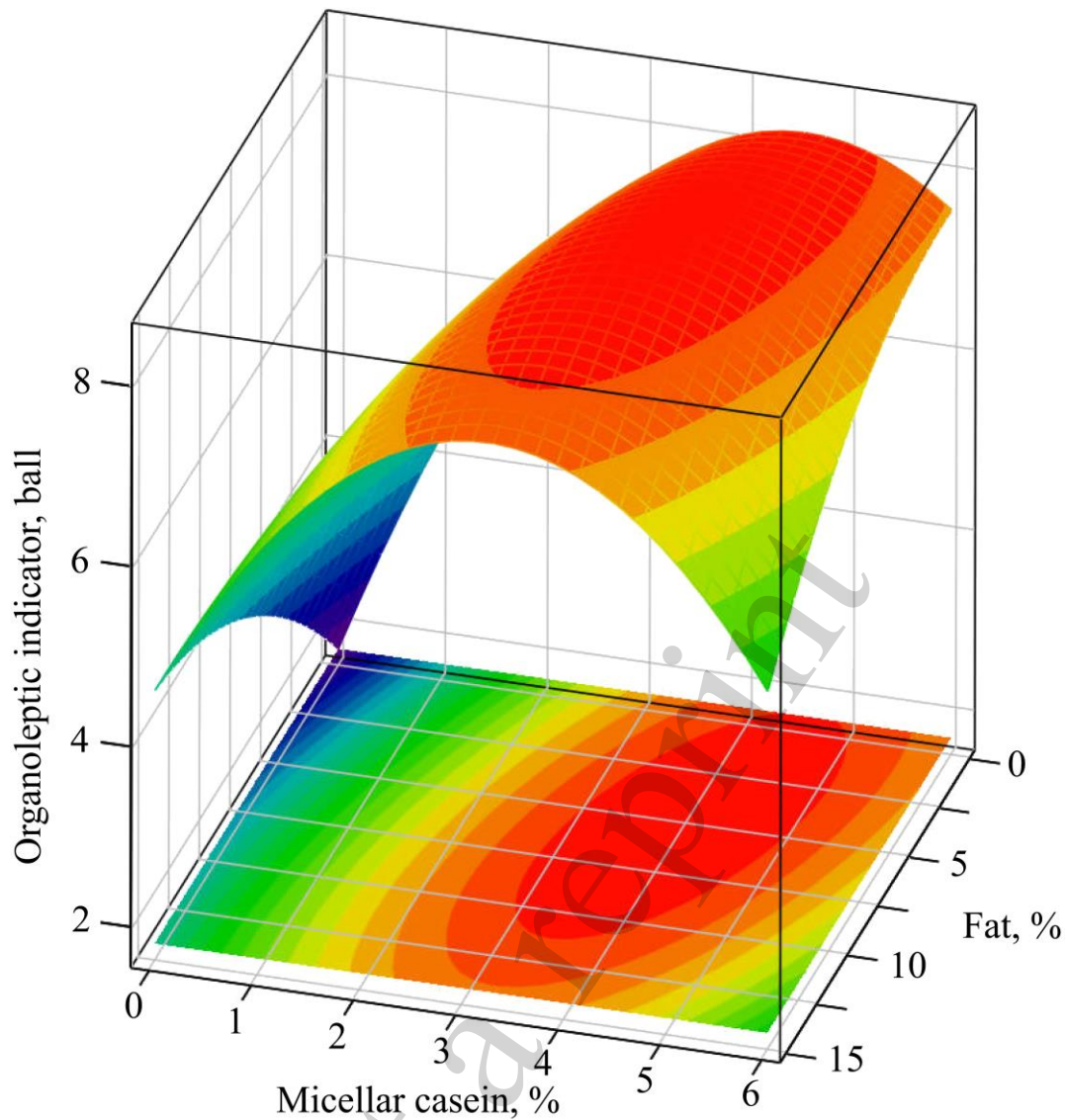


Рис. 3. Графічна залежність бальної оцінки органолептичних показників морозива від масових часток жиру та казеїну міцелярного

## 5. 2. Оптимізація складу морозива за допомогою комплексного показника якості

Відповідно до даних табл. 2, на рис. 4 наведено графічну залежність комплексного показника якості (КП) від масової частки жиру (Ж, %) та масової частки міцелярного казеїну (Б, %).

Відповідно до максимальних значень комплексного показника якості ( $КП \geq 8$ ) визначено рекомендований вміст казеїну міцелярного у морозиві різної жирності.

На рис. 4 заштриховані зони ілюструють технологічно доцільні співвідношення між вмістом казеїну та жиру у складі морозива. Так, для морозива жирністю від 0 до 5 % потреба у казеїні складає від 6 до 5 %, жирністю від 6 до 10 % знаходиться у діапазоні 4,0–3,0 %, а жирністю від 11,0 до 15,0 % – у діапазоні 2,5–1,0 %.

Таблиця 2

Масштабовані значення одиничних показників та розраховані значення КП

Номер досліджу	S, %	C, хв	ОП, бали	КП, %
1	5,40	5,25	4,13	1,00
2	5,95	6,15	5,48	2,13
3	6,40	6,59	6,15	3,05
4	6,80	6,75	6,75	3,86
5	7,02	6,02	6,38	3,00
6	8,18	7,43	6,98	6,67
7	9,60	8,40	7,50	9,22
8	9,80	8,70	7,50	10,00
9	8,30	6,96	7,01	5,46
10	9,50	8,18	7,50	8,63
11	8,61	8,18	7,13	7,57
12	8,60	8,37	7,05	7,55
13	9,45	7,95	7,50	8,04
14	8,00	7,95	7,20	6,32
15	7,80	8,22	6,90	5,91
16	7,01	8,60	6,60	4,29

Відповідно до визначеного вмісту казеїну міцелярного у складі морозива, розраховано загальний вміст молочного білку у морозиві різної жирності, енергетичну цінність морозива та ступінь її забезпечення білком.

Результати розрахунку наведено у табл. 3.

Наведені у табл. 3 значення ступеню забезпечення енергетичної цінності морозива різної жирності за рахунок білкової складової являють практичний інтерес. Вказана характеристика потребує подальшого аналізу з точки зору маркетингового просування білоквмісного продукту на споживчому ринку.

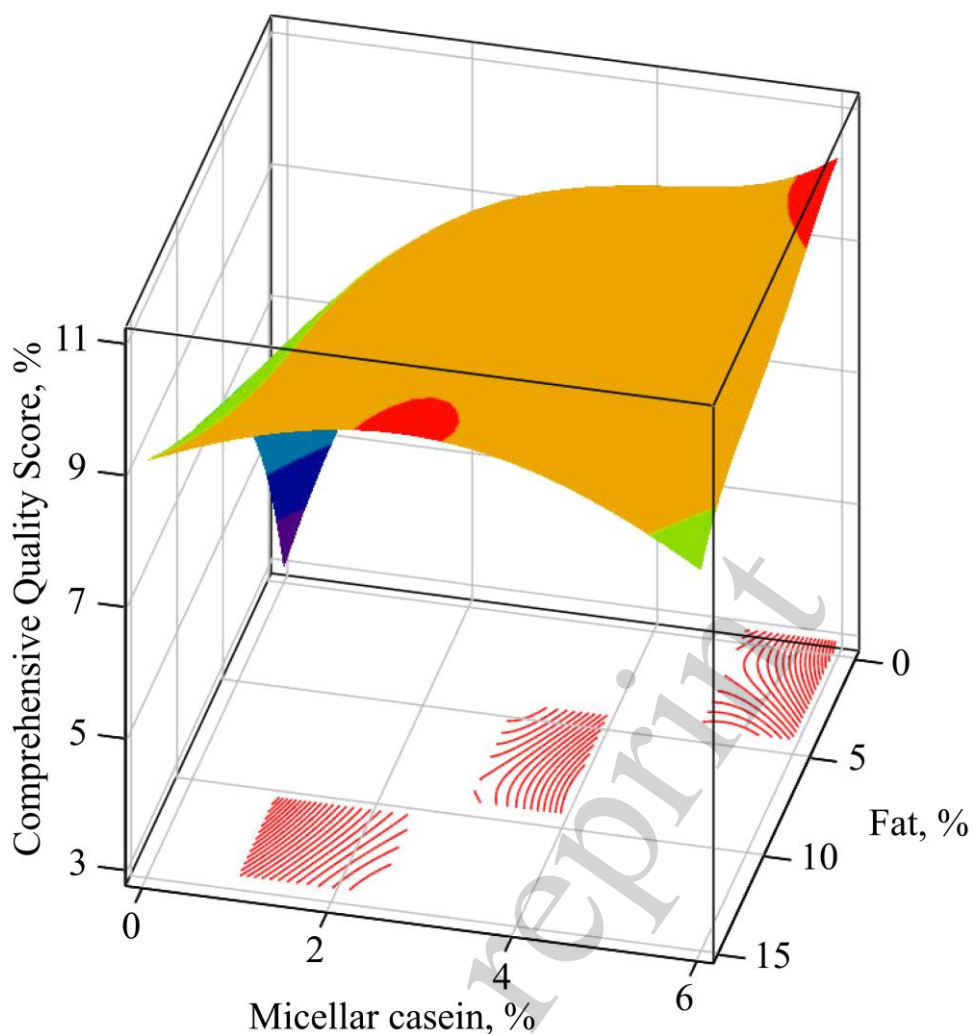


Рис. 4. Залежність КП від вмісту жиру та казеїну міцелярного

Таблиця 3

Оптимальний вміст міцелярного казеїну у морозиві різної жирності та внесок загального білку в енергетичну цінність морозива з казеїном міцелярним

Показник	Масова частка жиру в морозиві, %			
	0	5	10	15
Масова частка казеїну міцелярного, %	6,0	5,0	3,0	1,0
Загальний вміст молочного білку, %	9,7	8,7	6,7	4,7
Загальний вміст цукрів (лактоза і сахароза), %	20,45	20,45	20,45	20,45
Енергетична цінність, ккал/100 г	120,6	161,6	198,6	235,6
Ступінь забезпечення енергетичної цінності білком, %	32,17	21,53	13,49	7,98

### 6. Обговорення результатів дослідження впливу білку на показники якості морозива та їх практична значущість

Виявлено закономірність, що полягає у зниженні технологічно доцільної потреби у білку за підвищення жирності морозива. Так, наприклад, низька збитість морозива (рис. 1) спостерігається як за нестатку білку (піноутворювальності-

го агента), так і за його надмірного вмісту. Останнє пояснюється тим, що для морозива нежирного та низькожирного характерний підвищений вміст води (до 70–75 %), у тому числі вільної, що потребує підвищеного вологозв'язування за допомогою харчових біополімерів. Натомість, у морозиві вершковому та пломбірі її кількість зменшується до 60 %. Саме зменшення кількості води як розчинника за надмірного вмісту казеїну й пояснює суттєве структурування сумішей морозива з високим вмістом жиру з відповідним зниженням їх здатності до збивання. Така ж закономірність, відповідно до рис. 4, за перевищення оптимальної кількості міцелярного казеїну у морозиві різної жирності спостерігається і для значень КП.

Перевагою одержаної наукової доробки перед іншими є те, що розроблено алгоритм коригування хімічного складу морозива, збагаченого білком, залежно від вмісту жиру у готовому продукті.

Для успішного впровадження у виробництво морозива, збагаченого білком, необхідно встановити статус нового продукту в раціоні харчування споживачів. Так, відповідно до табл. 3, до морозива з високим вмістом білку можна віднести морозиво нежирне та морозиво жирністю до 5 %. Саме у ці зразки морозива білок привносить не менше 20 % від загальної енергетичної цінності продукту. Морозиво з масовою часткою жиру 10–15 % можна віднести лише до продукту, збагаченого білком. Перевищення вмісту міцелярного казеїну більше 3 % у суміші жирністю 10 % і більше 1 % у суміші жирністю 15 %, призводить до їхнього надлишкового структурування. Надмірне загущення сумішей є причиною низької збитості і, відповідно, занадто щільної консистенції морозива.

Що стосується морозива з масовою часткою жиру вище 5 %, то рецептурний склад такого продукту має бути доопрацьований. Для надання морозиву вершковому і пломбіру статусу продукту з високим вмістом білку, його нестаток може бути компенсований сполученням міцелярного казеїну з концентраціями білків, які менш ефективно структурують суміші морозива. На цьому етапі необхідно додатково дослідити структурно-механічні властивості сумішей для виробництва морозива, які містять білки різного походження за різного сполучення з казеїном міцелярним. Також важливим аспектом є збагачення продукту незамінними амінокислотами для наближення його амінокислотного складу до складу ідеального білку.

## **7. Висновки**

1. Побудовано адекватні рівняння регресії, що відображають вплив вмісту міцелярного казеїну на одиничні показники якості морозива різної жирності. Для оптимізації вмісту складу морозива, збагаченого білком, доведено доцільність застосування комплексного показника якості.

2. Проведено аналіз поверхньої відгуку для визначення оптимального вмісту білку у складі морозива різної жирності, що максимізують одиничні та комплексні показники якості морозива. Встановлено зворотню залежність між оптимальним вмістом міцелярного казеїну та жирністю продукту. Результати наукової розробки дають змогу розраховувати рецептури якісного та корисного для споживачів різних груп морозива з високим та з підвищеним вмістом білку.

## Література

1. Akalın, A. S., Kesenkas, H., Dinkci, N., Unal, G., Ozer, E., Kınk, O. (2018). Enrichment of probiotic ice cream with different dietary fibers: Structural characteristics and culture viability. *Journal of Dairy Science*, 101 (1), 37–46. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13468>
2. Павлюк, Р. Ю., Погарська, В. В., Берестова, А. А. (2013). Інноваційні технології вітамінного плодово-ягідного морозива з використанням заморожених дрібнодисперсних добавок з рослинної сировини. *Східно-Європейський журнал передових технологій*, 4 (10 (64)), 57–62. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/16316/13839>
3. Polischuk, G., Sharahmatova, T., Breus, N., Bass, O., Shevchenko, I. (2019). Studies of water freezing features in ice cream with starch syrup. *Food Science and Technology*, 13 (2), 71–77. doi: <https://doi.org/10.15673/fst.v13i2.1383>
4. Özdemir, C., Arslaner, A., Özdemir, S., Uğurlu, G. (2018). Ice-Cream Production from Lactose-Free UHT Milk. *Journal of Food Science and Engineering*, 8, 210–214. doi: <https://doi.org/10.17265/2159-5828/2018.05.003>
5. Bass, O., Polischuk, G., Goncharuk, O. (2018). Influence of sweeteners on rheological and qualitative indicators of ice cream. *Ukrainian food Journal*, 7 (1), 41–53.
6. Надточий, Л. А., Яковченко, Н. В., Абдуллаева, М. С., Лепешкин, А. И., Кузнецова, Е. Д., Предеина, А. Л. (2016). Разработка технологии и состава высокобелковой смеси мороженого. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*, 4, 50–57. doi: <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2016-9-4-50-57>
7. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance (2009). *Journal of the American Dietetic Association*, 109 (3), 509–527. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jada.2009.01.005>
8. Meena, G. S., Singh, A. K., Panjagari, N. R., Arora, S. (2017). Milk protein concentrates: opportunities and challenges. *Journal of Food Science and Technology*, 54 (10), 3010–3024. doi: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2796-0>
9. Nasser, S., Hédoux, A., Giuliani, A., Le Floch-Fouéré, C., Santé-Lhoutellier, V., de Waele, I., Delaplace, G. (2017). Investigation of secondary structure evolution of micellar casein powder upon aging by FTIR and SRCD: consequences on solubility. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98 (6), 2243–2250. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8711>
10. Nastaj, M., Sołowiej, B. G., Gustaw, W., Peréz-Huertas, S., Mleko, S., Wesółowska-Trojanowska, M. (2019). Physicochemical properties of High-Protein-Set Yoghurts obtained with the addition of whey protein preparations. *International Journal of Dairy Technology*, 72 (3), 395–402. doi: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12603>
11. Peng, Y., Serra, M., Horne, D. S., Lucey, J. A. (2009). Effect of Fortification with Various Types of Milk Proteins on the Rheological Properties and Permeability of Nonfat Set Yogurt. *Journal of Food Science*, 74 (9), C666–C673. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01350.x>

12. Hajian, N., Salami, M., Mohammadian, M., Moghadam, M., Emam-Djomeh, Z. (2020) Production of Low-Fat Camel Milk Functional Ice creams Fortified with Camel Milk Casein and its Antioxidant Hydrolysates. *Applied Food Biotechnology*, 7 (2), 95–102. doi: <https://doi.org/10.22037/afb.v7i2.27779>
13. Kaleda, A., Tsanev, R., Klesment, T., Vilu, R., Laos, K. (2018). Ice cream structure modification by ice-binding proteins. *Food Chemistry*, 246, 164–171. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.152>
14. Chauhan, J. M., Lim, S.-Y., Powers, J. R., Ross, C. F., Clark, S. (2010). Short communication: Low-fat ice cream flavor not modified by high hydrostatic pressure treatment of whey protein concentrate. *Journal of Dairy Science*, 93 (4), 1452–1458. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2688>
15. Rybak, O. (2014). The role of milk proteins in the structure formation of dairy products. *Ukrainian Food Journal*, 3 (3), 350–360. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/UFJ\\_2014\\_3\\_3\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/UFJ_2014_3_3_5)
16. Patel, M. R., Baer, R. J., Acharya, M. R. (2006). Increasing the Protein Content of Ice Cream. *Journal of Dairy Science*, 89 (5), 1400–1406. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(06\)72208-1](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(06)72208-1)
17. Regulation (EC) No 1924/2006 of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on nutrition and health claims made on foods. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:32006R1924>
18. Abd El-Salam, M. H., El-Shibiny, S., Salem, A. (2009). Factors Affecting the Functional Properties of Whey Protein Products: A Review. *Food Reviews International*, 25 (3), 251–270. doi: <https://doi.org/10.1080/87559120902956224>
19. Breus, N. M., Hrybkov, S. V., Polischuk, G. Y., Seidykh, O. L. (2019). Development of Mathematical Apparatus of the Expert System for Modelling Ice Cream Recipes with Specified Quality Parameters. *Science and Innovation*, 15 (5), 69–77. doi: <https://doi.org/10.15407/scine15.05.069>