

Обґрунтування та розробка рецептур низьколактозного біологічно-активного молочного морозива

Grounding and Development of Low-Lactose Biologically Active Milk Ice Cream Formula

Анастасія Трубнікова¹, Оксана Чабанова¹, Тетяна Шарахматова¹,
Сергій Бондар¹, Світлана Вікуль¹

Anastasiia Trubnikova, Oksana Chabanova, Tat'jana Sharahmatova,
Sergej Bondar, Svitlana Vikul

¹ *Odessa National Academy of Food Technologies*
112 Kanatnaya, Odessa, 65039, Ukraine

DOI: 10.22178/pos.38-7

LCC Subject Category:
TP368-456

Received 20.08.2018
Accepted 20.09.2018
Published online 24.09.2018

Corresponding Author:
Anastasiia Trubnikova
sc228004@ukr.net

© 2018 The Authors. This article is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Анотація. Непереносимість лактози в світі широко поширена, хоча її частота в різних країнах значно відрізняється. В Україні 15-35 % дорослого населення страждають від цієї недуги. Для цієї категорії людей необхідно розробляти спеціальні молочні продукти – безлактозні та низьколактозні. Перспективним напрямом розвитку молочної галузі є цільове виробництво ексклюзивних сортів морозива, призначених для людей інтолерантних до лактози. Обґрунтовано доцільність розробки рецептури низьколактозного морозива лікувально-профілактичного призначення з антиоксидантними та пре- і пробіотичними властивостями з використанням вторинної молочної та рослинної сировини. Підбір основних компонентів – рідкого безлактозного білкового концентрату маслянки (ББКМ) і йогуртної основи зі зниженим вмістом лактози та підвищеним вмістом білку (ЙО) – здійснювали за піноутворювальною здатністю, стійкістю піни, в'язкістю, антиоксидантною активністю та органолептичними показниками. Обрано співвідношення складових ББКМ/ЙО – 60:40 (для безлактозного концентрату, отриманого ультрафільтрацією маслянки при ФК=4 та діафільтрацією (DV=7) УФ ретентату маслянки) та ББКМ/ЙО – 50:50 (для безлактозного концентрату, отриманого ультрафільтрацією маслянки при ФК=5 та діафільтрацією (DV=7) УФ ретентату маслянки). Обидва зразки мали найкращі технологічні показники: піноутворювальна здатність – 28 % і 32 % відповідно, стійкість піни – 120 та 130 хвилин відповідно. За органолептичними показниками зразки схожі, мали приємний кисломолочний смак, однорідну консистенцію, біло-жовтуватий колір однорідний за всією масою, що є властивим для кисломолочного морозива. Антиоксидантна активність зразків складала 315 і 330 ум. од. відповідно. Визначено раціональні масові частки допоміжних рецептурних складових суміші морозива: інуліну – 4 %; лактулози – 1 %; імбиру – 0,3 %; лимонної кислоти – 0,15 %; стабілізатору – 0,2 % (для ББКМ (ФК=4)/ЙО) та 0,25 % (для ББКМ (ФК=5)/ЙО).

Розроблено рецептурний склад низьколактозного біологічно-активного морозива. Визначена антиоксидантна активність зразків суміші низьколактозного морозива та масова частка лактози, що становила 1,1–1,4 % в залежності від співвідношень ББКМ/ЙО.

Ключові слова: низьколактозне морозиво, безлактозний білковий концентрат маслянки, йогуртна основа, піноутворювальна здатність, антиоксидантна активність, в'язкість.

Abstract. Lactose intolerance is widespread in the world, although its frequency varies considerably in different countries. In Ukraine, 15-35% of the adult population suffer from this illness. For these people, it is necessary to develop special dairy products – lactose-free and low-lactose. A promising direction in the development of the dairy industry is the targeted production of exclusive ice cream types, intended for people intolerant to lactose. The article substantiates the expediency of the development of a low-lactose ice cream formulation of therapeutic and prophylactic purpose with antioxidant and pre-probiotic properties using secondary milk and plant material. The selection of the main components – liquid lactose-free protein concentrate (LFPC) and yoghurt base with reduced lactose and high protein content (YB) – was carried out according to foaming ability, foam stability, viscosity, antioxidant activity and organoleptic parameters. The ratio of LFPC / YB components was 60:40 (for a non-lactose concentrate, obtained by ultrafiltration of buttermilk at FC = 4 and by diafiltration (DF = 7) UF buttermilk retentate) and LFPC / YB – 50:50 (for a lactose concentrate, obtained by ultrafiltration of buttermilk at FC = 5 and diafiltration (DF = 7) UF buttermilk retentate). Both samples had the best technological characteristics: foaming ability – 28% and 32 %, respectively, foam resistance – 120 and 130 minutes, respectively. According to organoleptic parameters, the samples were similar, they had a pleasant sour-milk taste, a homogeneous consistency, a homogeneous white-yellow color, which is characteristic of sour milk ice cream. The antioxidant activity of the samples was 315 and 330 c. u., respectively. The rational mass fractions of the auxiliary components of a mixture of ice cream were determined: inulin – 4%; lactulose – 1%; ginger – 0,3%; citric acid – 0,15%; stabilizer – 0,2% (for LFPC (FC = 4) / YB) and 0,25 % (for LFPC (FC = 5) / YB).

The recipe composition of low-lactose biologically active ice cream was developed. The antioxidant activity of samples of a mixture of low-lactose ice cream and a mass fraction of lactose, which was 1.1-1.4 % depending on the ratios of LFPC / YB, were determined.

Keywords: low-lactose ice cream; lactose-free protein concentrate; yoghurt base; foam-forming ability; antioxidant activity; viscosity.

ВСТУП

Перспективним напрямом розвитку молочної галузі є цільове виробництво ексклюзивних сортів морозива, призначених для конкретних груп споживачів, наприклад, для людей, що не переносять лактозу.

Непереносимість лактози в світі широко поширена, хоча її частота в різних країнах значно відрізняється. В Україні 15-35 % дорослого населення страждають від цієї недуги.

Лактазна недостатність (неприймання молочного цукру) – захворювання, що характеризується синдромом мальабсорбції (водяниста діарея), який пов'язаний із вродженим або набутим дефектом ферменту лактази (що обумовлює порушення гідролізу та транспорту лактози у тонкому кишечнику). Вроджена лактазна недостатність (ЛН) ділиться на повну відсутність ферменту і часткову, від чого залежить клінічна картина патологічного стану. При повній ЛН із раціону повністю виключається молоко і молочні продукти, бо навіть мінімальна кількість лактози може

сприяти виникненню важкої діареї. Дієта повинна бути суворо безлактозною із використанням спеціалізованих безлактозних молочних продуктів. При частковій ЛН основний метод лікування – своєчасно і правильно організована дієтотерапія, яка передбачає обмеження лактози у раціоні. Дієтологічні заходи при цьому є тимчасовими, до відновлення стану слизової оболонки тонкої кишки. Рівень зменшення кількості лактози у раціоні також контролюється індивідуально. У той же час, слід підкреслити, що повністю виключати лактозу із раціону харчування не слід, враховуючи її пребіотичні властивості, як одного з важливих факторів формування нормального біоценозу кишечника. Лактоза сприяє кращому засвоєнню кальцію і магнію, знижує ризик виникнення анемії й рахіту. Невелика кількість лактози сприяє стимуляції виробленню власного ферменту лактази. При тяжкому перебігу можна вживати не більше одного грама молочного цукру на добу, а при середньотяжкому – до десяти [1, 2, 3].

До низьколактозних молочних продуктів відносять молочні продукти, в яких частина лактози видалена або гідролізована.

Морозиво – один з найулюбленіших продуктів і користується стійким попитом у споживачів, особливо у літній період. Влітку морозиво вважається одним із найбільш рентабельних продуктів харчової промисловості.

Морозиво як молочний продукт має понад 100 корисних речовин. До складу морозива входять білки, жири, вуглеводи, мікро- та макроелементи і ряд вітамінів (А, В1, В2, В12, С, Д, Е, Р). Характеризується високою харчовою і біологічною цінністю, прекрасними органолептичними властивостями. Морозиво має у своєму складі до 3–4 % білкових речовин. Загальна кількість сухих речовин дуже висока і коливається від 30 до 40 %. Цукри, жири і білки морозива характеризуються високою засвоюваністю (від 95 до 98 %). Енергетична цінність морозива в межах від 100 до 250 ккал/100 г. З підвищенням вмісту цукрів і жирів цей показник збільшується. Біологічна цінність морозива визначається вмістом повноцінних білків, поліненасичених жирних кислот, органічних кислот (молочної, лимонної), вітамінів і мінеральних речовин [4].

Наявність значних ресурсів молочної сировини, що переробляється, вимагає приділяти підвищену увагу проблемам розробки технологій безлактозних та низьколактозних молочних продуктів із вторинної сировини з метою інтенсифікації процесів і зниження енергетичних і сировинних втрат.

Маслянка – вторинний молочний продукт високої біологічної цінності [5]. Застосування в харчуванні маслянки забезпечить більш повне використання складових частин молока, дозволить розробити ресурсозберігаючі технології та використовувати нетрадиційну сировину.

Сьогодні потрібно постійно вдосконалювати свій асортимент і особливу увагу приділяти якості морозива, тому що на ринку дуже багато виробників морозива. Тому ця проблема сьогодні актуальна.

Спеціалісти в галузі морозива бачать перспективу в удосконаленні технологій, тобто в переході до морозива, яке збагачене корисними функціональними добавками. Морозиво як функціональний продукт має забезпечувати збереження здоров'я населення. І сві-

това тенденція споживання морозива демонструє ріст у напрямі так званої оздоровчої позиції.

Тому, розробка технологій і рецептур для людей, інтолерантних до лактози, що дозволяють поєднувати переваги пробіотичних кисломолочних продуктів і пребіотиків в такому популярному продукті, як морозиво, є актуальним завданням.

Мета роботи – обґрунтування та розробка рецептур низьколактозного біологічно-активного морозива.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання: отримати безлактозний білковий концентрат з маслянки; отримати йогуртну основу, що складається з суміші маслянки і сухого безлактозного знежиреного молока, зі зниженим вмістом лактози і з пре- і пробіотичними властивостями; підібрати співвідношення безлактозного білкового концентрату маслянки та йогуртної основи; обґрунтувати вибір рецептурних складових для виробництва молочного низьколактозного морозива; розробити рецептури морозива.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Морозиво – збитий та заморожений харчовий продукт, вироблений з молока і (або) продуктів його перероблення з додаванням необхідних для його виробництва інгредієнтів [5].

Сьогодні відомі сотні рецептур морозива, в тому числі й лікувально-профілактичної дії.

В рецептурі морозива за кількісним складом найважливішим компонентом є молоко та молочні продукти, що пояснюється вмістом в них молочного білку, який відіграє у технологічному процесі певну роль. По-перше, під час гомогенізації він утворює емульсію жирових кульок та стабілізує її до повного охолодження. При витримці суміші білок десорбує з поверхні частинок жиру, після чого частинки білка стають більш гідратованими та разом зі стабілізатором підвищують в'язкість суміші. По-друге, під час фризювання молочний білок сприяє насиченню суміші повітрям та її стабілізації за рахунок реалізації його поверхнево-активних властивостей, обумовлених вмістом гідрофільних та гідрофобних груп [6].

Жири впливають на формування органолептичних показників морозива, таких як смак

та консистенція, у першу чергу. Вони, також, стабілізують повітряні пухирці під час загартовування та зберігання морозива. Але надмірний вміст жиру у морозиві погіршує збитість. (Зі збільшенням дисперсності повітряних пухирців стінки повітряних чарунок стають тонкішими та лопаються. Присутність жиру послаблює стінки, тому що зчеплення між жиром та плазмою менше ніж між частинками плазми).

Цукор формує смак морозива, знижує його криоскопічну температуру, впливає на консистенцію морозива – робить його більш еластичним.

Важливою складовою морозива є стабілізатор. Хоча вміст його в морозиві невеликий, він відіграє значну роль на всіх етапах технологічного процесу та в значній мірі сприяє як формуванню, так і стабілізації структури морозива протягом зберігання. Встановлено, що стабілізатор у розчині утворює біополімерну плівку різноманітного характеру, а разом зі структурними елементами харчових продуктів (білками та полісахаридами) – комплекси біополімерів типу мембран, які і є основою для формування структури морозива [6, 7].

Введення стабілізаторів (гідроколоїдів, біополімерів) у суміші передбачається для всіх видів морозива. Стабілізатори сприяють збиранню сумішей для морозива та протидіють його суцільному промерзанню. Стабілізатори повинні мати нейтральний смак і запах, не вступати у хімічну взаємодію зі смакоароматичними речовинами морозива, забезпечувати необхідні характеристики плавлення та надавати бажану для споживання текстуру. Як стабілізатори використовують агар-агар, пектин, картопляний крохмаль, казеїнат натрію, камеді, альгінати та композиційні суміші стабілізаторів (комбіновані стабілізатори/емульгатори).

Роль емульгаторів полягає у стимулюванні кристалізації жиру для скорочення часу визрівання сумішей, підвищенні стійкості повітряних бульбашок, полегшенні процесу збирання за рахунок кращого диспергування повітря в морозиві, одержанні «сухого» морозива внаслідок часткової дестабілізації жиру (це полегшує формування порцій морозива), у підвищенні опору до танення продукту, забезпеченні однорідності текстури морозива завдяки заданому структуруванню жиру.

Емульгаторами є сполуки жирних кислот, моно- та дигліцериди, ефіри цукрів і жирних кислот, ефіри пропіленгліколю та жирних кислот, лецитин (E-322) та ін., що формують стабільну дрібнодисперсну систему декількох незмішуваних фаз. Найчастіше для морозива використовують ефіри гліцерину та їх суміші, що мають назву «монодигліцериди» (GMS) (E 471), піро- та поліфосфати (E 450, E 452), ефіри цукрози та жирних кислот (E 473), поліоксисетиленсорбітан моноолеат (E-433) [6, 7, 8].

Окрім звичних «класичних» способів виготовлення морозива все частіше впроваджуються технології з використанням нових компонентів не молочного походження. До них належать: лактулоза, казеїнати, концентрати сироваткових білків, лактозо-галактозні сиропи тощо. Часто додають компоненти немолочного походження: β -каротин, цукор крохмальний рідкий, оливкова олія, кокосова, пальмова тощо. Майже всі види морозива можна виготовити як з традиційними натуральними солодкими речовинами (цукор, мед, патока), так і з частковою та навіть повною їх заміною підсолоджувачами (аспартам, ксиліт, сорбіт та ін.).

Для покращення смакових властивостей, запаху морозива, в продукт вносять різноманітні смакові та ароматичні добавки. Це може бути ванілін, какао, кава, екстракти плодів і ягід, харчові есенції, органічні кислоти, вино, лікери, горіхи, сухофрукти, карамель, вафлі та печиво.

Палітра ароматизаторів і наповнювачів надзвичайно різноманітна, перерахувати їх усі просто неможливо. До того ж, кожен сезон приносить новинки. Проте найбільшою популярністю продовжують користуватися продукти на основі какао. Роки зо два назад з'явилися так звані «живі фрукти» – фруктові гелі, желе, що утворюють псевдо-шматочки.

В якості біологічно-активних добавок (БАД) використовують сполуки натурального походження або синтезовані (в основному вітаміни). Збагачення харчових продуктів БАД називають фортифікацією. Цілеспрямоване збагачення морозива ще не застосовують широко на вітчизняних підприємствах, але деякі види цього продукту вже можна віднести до морозива з підвищеною біологічною цінністю [8].

Часто окремі харчові добавки несуть водночас й функції БАД. За даними [8], найбільш популярні останнім часом такі БАД для виробництва харчових продуктів – харчові волокна (пектини, гуарова камедь, ксантанова камедь та ін.), пробіотики (інулін, лактулоза), багатоатомні спирти (сорбіт, ксиліт, мальтітол), білки (білкові гідролізати, білкові концентрати та ізоляти), вітаміни (групи В, Д, антиоксидантні – А, В, С, Е), холін і лецитин (соєві та яєчні продукти), молочнокислі бактерії – пробіотики, сполуки фітохімічні (каротиноїди, кофеїн, фітостероли).

Інулін цінується як речовина, яка сприяє зростанню корисних бактерій в кишечнику, тобто, вважається хорошим пребіотиком. Інулін має солодкуватий смак і дуже низький глікемічний індекс, що робить його придатним для діабетиків. Також він імітує присутність жиру в низькожирних продуктах, покращує їх текстуру і органолептичні властивості. Крім того, інулін використовують як згущувач, це дозволяє знизити масову частку стабілізатору [9, 10, 11, 12].

Як відомо, використання інуліну в аерованих продуктах сприяє підвищенню їх збитості та стабільності в процесі зберігання [11].

Інулін має здатність формувати захисне середовище, що дозволяє підвищити життєздатність молочнокислих мікроорганізмів і їх здатність до виживання при зберіганні морозива в умовах низьких температур та забезпечити кількість клітин життєздатної мікрофлори на рівні до кінця терміну зберігання, що є дуже важливим для кисломолочного морозива.

Інулін використовують при діабетичних і низькоуглеводних дієтах завдяки низькій калорійності – 1 ккал/г. Суворих рекомендацій щодо добової норми споживання інуліну на сьогодні немає. Наприклад, американці, вживають від 10 до 15 г на день. У загальній популяції кількість інуліну навряд чи перевищує 3–5 грамів на день. Загальні рекомендації для всіх видів харчових волокон – від 20 до 35 г волокон на день, оптимальним вважають – 10 г на день.

Лактулоза після потрапляння до організму людини діє як пребіотик. Лактулоза має виражені оздоровчо-профілактичні властивості, розвиває та живить власні біфідо- та лактобактерії людини, що природно нормалізують мікрофлору організму, допомагає засвоїти

більше вітамінів, мінеральних речовин та кальцію, які містяться в їжі. Лактулоза поліпшує смакові якості кінцевого продукту, має емульгуючі властивості, робить морозиво більш м'яким [13].

Доведено, що внесення лактулози в концентрації 1 % дозволяє підвищити виживання мікроорганізмів закваски *L. acidophilus* при виробництві кисломолочного морозива і як слідство продовжити термін його зберігання до 6 місяців при температурі -18°C [11].

Для створення лікувально-профілактичного морозива норма внесення лактулози становить 6...20 кг на 1000 кг готового продукту, відповідно до норм, затверджених МОЗ України.

В рецептуру морозива також входить плодово-ягідна сировина, тобто плоди, ягоди та овочі культурні та дикорослі свіжі та заморожені, протерті або подрібнені, у вигляді пюре, соків, сиропів, варення, джемів, повидла та пульпи, для діабетиків спеціально приготувані джеми, варення та повидло без цукру.

До групи харчосмакових добавок відносять харчові продукти в натуральному або переробленому вигляді, в тому числі: какао-порошок, каву, чай, горіхи, фрукти, мед, м'яку карамель, варене згущене молоко, ароматизатори та інші, що спеціально додаються у морозиво в процесі його виготовлення для надання йому специфічного смаку.

Використання імбиру надає морозиву пряний аромат та легку гірчинку. Імбир поліпшує апетит та кровопостачання, при цьому прискорює обмін речовин, його рекомендують вживати при порушеннях холестеринового та жирового обміну. Його можна використовувати тим, хто бореться із зайвою вагою, оскільки стимуляція процесу спалення калорій сприяє зниженню ваги. Більш того, імбир сприяє нормалізації роботи кишечника, регулює перистальтику. Також імбир є досить сильним антиоксидантом, заспокоює нервову систему, покращує пам'ять, зміцнює імунітет, допомагає впоратися зі стресом, підвищує гостроту зору, концентрацію уваги, допомагає відновитися після грипу, застуди, є відмінним тонізуючим засобом [14, 15].

За кордоном у виробництві морозива імбир користується великою популярністю завдяки пряному і терпкому аромату. Але окрім унікальних органолептичних властивостей він містить велику різноманітність корисних ре-

човин, що включає до 400 хімічних сполук, тому він має і багато лікувальних властивостей. Імбирний корінь містить достатню кількість вітамінів групи В (В6, В1, В9, В5, В2), а також вітамін А і С. Крім того, він багатий солями кальцію, магнію, фосфору, містить кремній, хром, холін, цинк, аспарагін, марганець. Містить незамінні амінокислоти – лізин, фенілаланін, треонін, метіонін та ін, які синтезуються організмом в дуже малій кількості і повинні надходити з їжею.

В якості регуляторів кислотності широко застосовують кислоти органічні харчові – кислоту лимонну та сіль лимонної кислоти, кислоту яблучну згідно з чинними нормативними документами, кислоту виннокам'яну.

Можливість застосування лимонної кислоти у виробництві морозива обумовлене її властивостями, а саме: вона має гарну розчинність, безпечна для навколишнього середовища, має низький рівень токсичності, є учасником метаболічних процесів в організмі, які дають $\frac{2}{3}$ необхідної тілу енергії, лимона кислота сприяє очищенню організму від шкідливих речовин, шлаків і солей, позитивно впливає на роботу системи травлення, покращує зір та підвищує імунітет, виводить токсини через клітини шкіри, не чинить дратівної дії на слизові оболонки дихального і травного тракту [16].

Ароматизатори можуть бути натуральними (ефірні масла та екстракти з сировини рослинного походження, концентрати соків та сухі соки), ідентичними натуральним (виділені з рослинної сировини за допомогою хімічних процесів або синтезовані) та штучними. Ароматизатори мають вигляд рідини або порошку. Різноманітні ароматичні фруктовоягідні есенції застосовують з метою інтенсифікації аромату фруктовоягідного морозива. Для виробництва морозива на молочній основі використовують лише есенції з цитрусових плодів.

Для надання морозиву певного кольору використовують харчові барвники:

- натуральні (концентровані – з ягід темних сортів винограду, бузини, журавлини, чорноплідної горобини, смородини, з буряку, моркви та порошки з них, сік томатний та пасту томатну несолоні, Е-101 – рибофлавіни, Е-140 – хлорофіли, Е-150 – цукрові колери, Е-160а – каротини, Е-162 – червоний буряковий, Е-163 – антоціани, Е-164 – шафран);

- синтезовані (Е 102 – тартразин; Е 104 – хіноліновий жовтий; Е 120 – карміни; Е 122 – азорубін, кармазин; Е 132 – індигокармін синій, Е 143 – зелений міцний FCF; Е 160 d, e, f – натуральні оранжеві каротиноїди-барвники та ін.).

Систематизація та аналіз літературних даних за тематикою розробки технології виробництва низьколактозного морозива дозволили встановити, що практично всі існуючі технології виробництва низьколактозного морозива передбачають використання ферментного препарату β -галактозидази [17, 18, 19, 20, 21, 22].

Спосіб видалення лактози із молочної сировини ферментативним шляхом має низку суттєвих недоліків: застосування ферментативного гідролізу потребує певного часу, спеціального обладнання, контролюючих заходів (постійний хімічний аналіз молока та контроль технологічних параметрів, а саме температура, час, а також додаткових операцій, пов'язаних з інактивацією ферменту лактази). Застосування ферментів призводить до накопичення продуктів гідролізу і утворення стороннього смаку.

Одним із шляхів зниження вмісту лактози є виробництво морозива з молочнокислими бактеріями [23, 24]. Але такі види морозива, що засновані тільки на молочнокислому бродінні, не дозволяють отримати безлактозні та низьколактозні продукти. Таким способом можна отримати продукти зі зниженим вмістом лактози.

Існує три способи отримання йогуртового морозива [24]. За першим способом йогуртове морозиво отримують змішуванням 30 % йогурта з 70 % традиційного морозива; за другим способом – вихідна суміш компонентів закващується йогуртовими культурами перед фризераванням; третій спосіб передбачає внесення йогуртових культур в готове морозиво. Морозиво, що отримане за третім способом, не можна назвати йогуртовим.

Для видалення лактози з маслянки доцільно застосування мембранних технологій. Мембранні методи розділення не використовують сторонніх речовин і майже не порушують нативні властивості цінних компонентів маслянки. Це підвищує біологічну цінність продуктів на її основі.

Таким чином, проведений аналіз рецептурних складових та технологій виробництва

низьколактозного морозива показав, що важливим напрямком є удосконалення рецептур низьколактозного морозива на основі натуральної сировини та виробництво морозива з підвищеним пре- і пробіотичним ефектом з видаленням лактози мембранним способом.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В якості основних інгредієнтів рецептури морозива обрані дві функціональні основи, отримані в лабораторних умовах: рідкий безлактозний концентрат маслянки (ББКМ) і йогуртна основа (суміш маслянки з сухим безлактозним знежиреним молоком-ЙО) із зниженим вмістом лактози і з пре- та пробіотичними властивостями.

Додатковими інгредієнтами рецептури суміші морозива обрано: стабілізатор «Ультра текс» ІСЕ1 – 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 (*Frutafit IQ*, виробництва *Sensus, Roosendaal*, Нідерланди); препа-

рат лактулози (*Fresenius Kabi Company*, Італія); лимонна кислота (ТМ «Мрія», виробництва «Укроптбакалія»); порошок імбиру (ТМ «Еко», виробництва «Екотехніка», Україна).

Методи досліджень, які використовували при проведенні експериментів: титрована кислотність – за ГОСТ 3624–92; органолептичні показники – за ДСТУ 3662–97; масова частка сухих речовин – за ДСТУ 8552:2015; активна кислотність – потенціометричним методом – за ДСТУ 8550:2015; масова частка білка – рефрактометричним способом за [25] та формольним титруванням за [25]; масова частка жиру – гравіметричний метод за ДСТУ ISO 7208-2002; масова частка лактози – аналізатор CDR FoodLab; масова частка фосфоліпідів – за ГОСТ 26183-84; масова частка мінеральних речовин – за [25]; піноутворювальна здатність – за ГОСТ 23409.26-78; антиоксидантна активність – за [26].

Технологія отримання функціональної основи – рідкого безлактозного білкового концентрату маслянки наведена в публікаціях авторів [27, 28].

Хімічний склад функціональної основи наведений в табл. 1–3.

Таблиця 1 – Хімічний склад безлактозної основи, отриманої діафільтрацією УФ ретентату (ФК=3...5) НФ пермеатом (ФК=5)

Показник	Безлактозна основа (ББКМ), одержана діафільтрацією (DV=7) УФ ретентату маслянки, отриманого ультрафільтрацією при:		
	ФК=3	ФК=4	ФК=5
Масова частка сухих речовин, %, у т. ч.:	11,7±0,01	15,1±0,01	18,94±0,01
масова частка лактози, %	0,01±0,02	0,01±0,02	0,01±0,02
масова частка білку, %	9,5±0,05	12,67 ± 0,05	15,94 ± 0,05
масова частка жиру, %	1,2±0,1	1,61 ± 0,1	2,01 ± 0,1
масова частка мінеральних речовин, %	0,70±0,05	0,70 ± 0,05	0,70 ± 0,05
масова частка фосфоліпідів, мг %	378,97	505,51	634,45
Антиоксидантна активність, ум. од.	403	416	420

Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники йогуртної основи з маслянки

Найменування показника	Значення показника
Масова частка сухих речовин, %, в тому числі:	12,87 ± 0,01
масова частка жиру, %	0,53 ± 0,1
масова частка лактози, %	3,01 ± 0,06
масова частка моноцукрів (глюкози, галактози), %	2,09±0,06
масова частка білків, %	5,41 ± 0,05
масова частка мінеральних речовин, %	0,72 ± 0,05
Титрована кислотність, °Т	134 ± 1
Активна кислотність, од. рН	4,62±0,01

Таблиця 3 – Мікробіологічні показники сквашеної йогуртної основи

Найменування показника	Значення показника
Найбільш вірогідне число молочнокислих мікроорганізмів, КУО/см ³	(2,5±0,9)·10 ⁸
Кількість біфідобактерій, КУО/см ³	(3,0±0,2)·10 ⁹
Бактерії групи кишкових паличок в 0,1 см ³	Відсутні

Застосування в лабораторних умовах ультрафільтраційної обробки маслянки з фактором концентрування (ФК) від 3 до 5 отримано рідкі концентрати, що містять високі концентрації білків та фосфоліпідів (УФ-ретентат), та УФ-пермеат. Вміст лактози в одержаному УФ ретентаті становить 4,5 %. Подальше здійснення діафільтрації УФ ретентата нанофільтраційним пермеатом, одержаним після нанофільтрації УФ пермеата, дозволив повністю видалити лактозу та зберегти усі вихідні мінеральні речовини маслянки.

Отже, отриманий рідкий білковий безлактозний концентрат маслянки має підвищений вміст сухих речовин (особливо за рахунок білків), мінеральний склад ідентичний нативному складу вихідної сировини, не містить лактозу та моноцукри (глюкозу та галактозу) та має підвищений вміст фосфоліпідів, які покращують показники холестерину в крові, знижують ризик розвитку серцево-судинних захворювань.

Для подальших досліджень обраний білковий безлактозний концентрат маслянки, отриманий діафільтрацією (DV=7) УФ ретентату при ФК=4 та ФК=5.

Безлактозну основу (ББКМ), одержану діафільтрацією (DV=7) УФ ретентату маслянки при ФК=3 в подальших дослідженнях для виробництва морозива не використовували із-за низької в'язкості, але її можна рекомендувати для виробництва напоїв.

При виробництві кисломолочного компонента (йогурта) використовували маслянку (ТОВ «ГМЗ №1», м. Одеса), отриману періодичним збиванням, сухе знежирене безлактозне молоко (*Valio Ltd*, Фінляндія), що розроблене для людей з непереносимістю лактози (масова частка жиру – 1,0 %; масова частка цукру – 40 % (в т.ч. масова частка лактози – 0,1 %); масова частка білків – 47 %; масова частка мінеральних речовин – 1,2 %); закваску, що складається з композиції молочнокислих мікроорганізмів, які активно продукують фер-

мент β-галактозидазу (термофільні стрептококи, болгарські палички, ацидофільні палички), що дозволяє знизити кількість лактози в готовому продукті, та біфідобактерій. Ацидофільні палички та біфідобактерії ефективно відновлюють порушену мікрофлору кишківника. Продукти, що містять ці мікроорганізми, виводять з організму токсини, знижують вагу, відновлюють роботу печінки і нирок, знижують ризик онкологічних захворювань.

Технологія отриманої йогуртної основи із зниженим вмістом лактози наведена в публікації авторів [29].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Як було наведено в аналізі літературних джерел, існує три способи отримання йогуртового морозива [24]. В даній роботі вибраний перший спосіб виготовлення кисломолочного (йогуртового) морозива – змішуванням рідкого безлактозного білкового концентрата маслянки (ББКМ) та йогуртної основи (ЙО) із зниженим вмістом лактози (3,01%) та збільшеним вмістом сухих речовин за рахунок білків (5,41 %).

Головним показником якості морозива є його збитість. Збитість морозива прямо пропорційна піноутворювальній здатності суміші для морозива.

Піноутворювальна здатність (ПУЗ, %) – кількість піни, що виражена об'ємом або висотою стовпа, яка утворюється з постійного об'єму розчину при дотриманні певних умов протягом заданого часу.

Стійкість піни – здатність піни зберігати загальний об'єм, дисперсний склад після закінчення певного проміжку часу.

На рис. 1. наведена піноутворювальна здатність ББКМ (ФК=4) та ББКМ (ФК=5) від часу збивання.

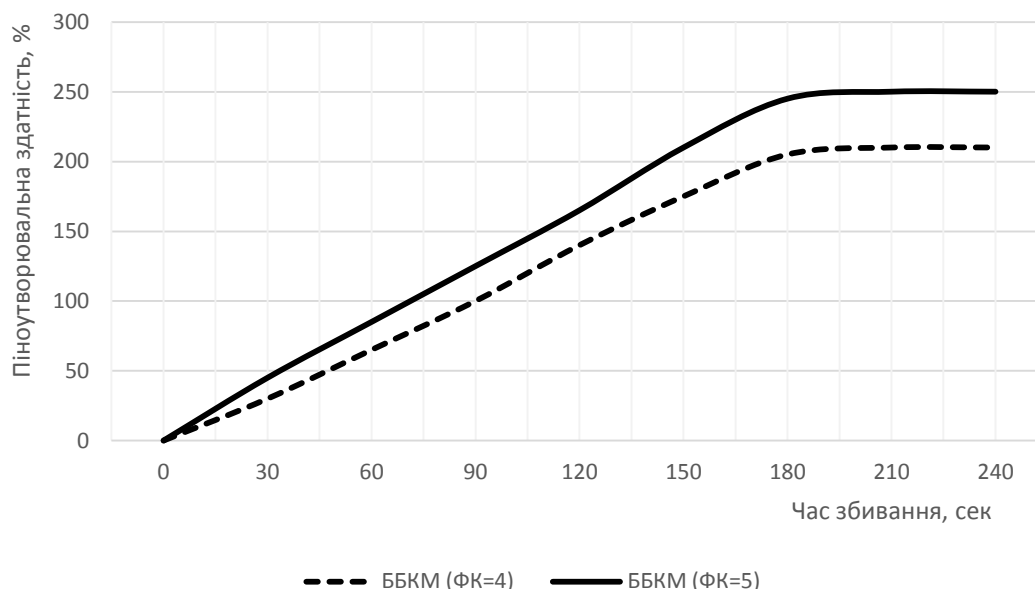


Рисунок 1 – Зміна піноутворювальної здатності ББКМ від часу збивання

Як видно з рис. 1, піноутворювальна здатність ББКМ збільшується до певного часу (180 секунд) після чого залишається на максимальному рівні 250 % для ББКМ (ФК=5) та 210 % – для ББКМ (ФК=4). Це пов'язано з міцелоутворенням, при якому адсорбовані молекули орієнтуються перпендикулярно поверхневому шару. При досягненні критичної концентрації міцелоутворення відбувається завершення формування адсорбційного шару, який в цей момент набуває максимальну механічну міцність. При подальшому збіль-

шенні часу збивання ПУЗ ББКМ залишається постійною, що пояснюється зниженням швидкості дифузії молекул в поверхневий шар.

Далі досліджено визначення раціонального співвідношення безлактозного білково-ліпідного концентрату з маслянки (ББКМ) (для ФК=4 та ФК=5) та йогуртної основи (ЙО) за технологічними (час утворення піни, піноутворювальна здатність, стійкість піни) (рис. 2, 4), органолептичними та біохімічними (антиоксидантна активність) показниками (рис. 3, 5).

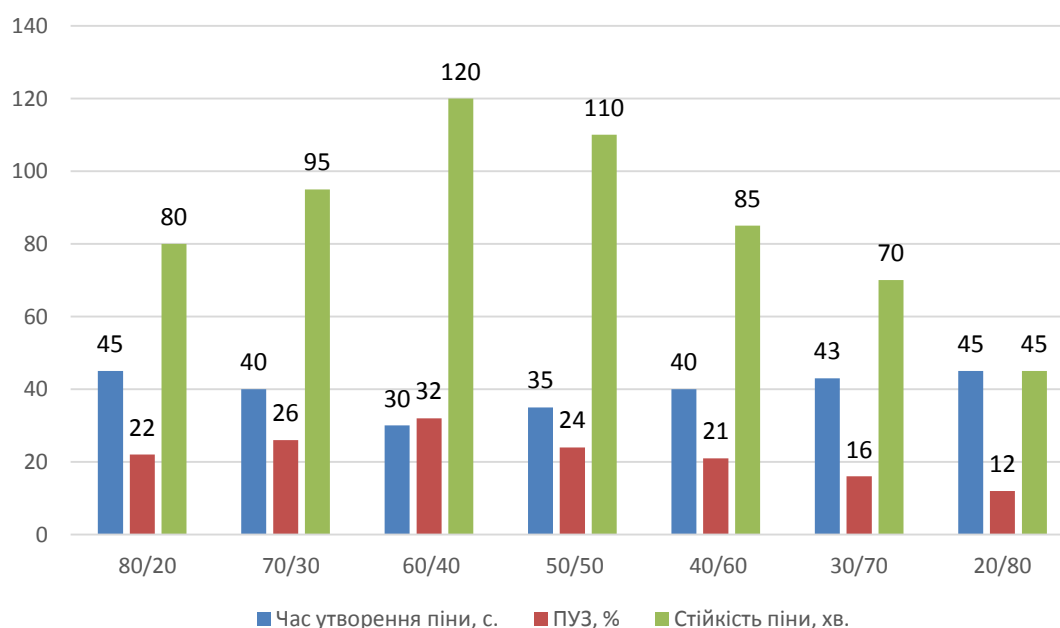


Рисунок 2 – Технологічні показники при різних співвідношеннях ББКМ(ФК=4)/ЙО

Піну отримували шляхом механічного збивання ББКМ та ЙО в заданому співвідношенні при температурі 20 °С протягом 30 сек. Кількість ББКМ варіювали від 80 до 20 % з шагом 10. Кількість йогуртної основи варіювали від 20 до 80 % з шагом 10.

На рис. 2 наведені технологічні показники для різних співвідношень ББКМ(ФК=4)/ЙО.

Як свідчать наведені дані рис. 2, із збільшенням кількості ББКМ (відповідно білків, які є поверхнево-активними речовинами) спостерігається тенденція до поступового зростання показників ПУЗ (із співвідношення 20:80 до співвідношення 60:40), що пов'язано з міцелоутворенням, при якому адсорбовані молекули орієнтуються перпендикулярно поверхнево-активним шару. При досягненні критичної концентрації міцелоутворення відбувається завершення формування адсорбційного шару, який в цей момент набуває максимальну механічну міцність. При подальшому збільшенні концентрації білків (співвідношення 70:30 та 80:20) ПУЗ суміші знижується, що

пояснюється зниженням швидкості дифузії молекул в поверхневий шар.

У зразках із співвідношенням 50/50, 40/60, 30/70, 20/80 ПУЗ і стійкість піни поступово зменшується, а час утворення піни збільшується. Отримана піна не пишна та руйнується швидше. Зниження цих показників пояснюється надлишковим зростанням в'язкості у зв'язку зі збільшенням кількості йогуртної основи і зменшенням кількості концентрату, а отже і зменшенням кількості білків.

У зразку із співвідношенням ББКМ(ФК=4)/ЙО 60:40 спостерігається найбільша стійкість піни, піноутворювальна здатність на рівні 28 %, найліпші органолептичні показники (приємний кисломолочний смак, виражений присмак маслянки, без сторонніх присмаків та запахів, однорідна консистенція, біло-жовтуватий колір, рівномірний по всій масі).

Результати експериментальних досліджень антиоксидантної активності сумішей наведено на рис. 3 (для ББКМ при ФК=4). За контроль обрано активність маслянки-сировини.

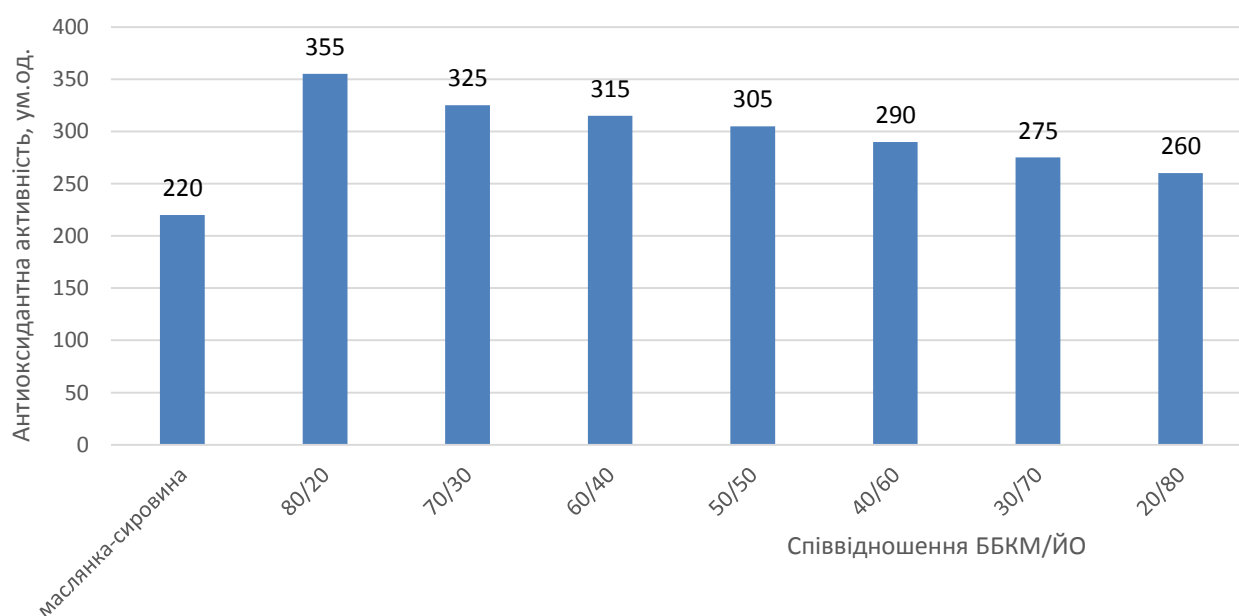


Рисунок 3 – Антиоксидантна активність зразків в залежності від співвідношення ББКМ(ФК=4)/ЙО

Встановлено, що антиоксидантна активність зразків із збільшенням масової частки ББКМ (ФК=4) (від співвідношення 20:80 до 80:20) в суміші підвищувалась, що пов'язано із збільшенням білків (особливо тих, що містять сірковмісні амінокислоти) та фосфоліпідів. Їх

активність в 1,2–1,6 разів вища у порівнянні з масляною-сировиною, активність якої становить 220 умовних одиниць.

В зв'язку із вище наведеним обираємо для подальших досліджень співвідношення ББКМ(ФК=4)/ЙО – 60:40.

Для безлактозного концентрату, отриманому ультрафільтрацією маслянки при $FK=5$, найбільш раціональним є співвідношення ББКМ/ЙО – 50:50, завдяки більш високій ПУЗ і стійкості піни (рис. 4), високій антиоксидантній активності на рівні 330 ум. од. (рис. 5) та

органолептичним показникам (приємний кисломолочний смак маслянки без сторонніх запахів та присмаків, однорідна консистенція, колір біло-жовтуватий, рівномірний по всій масі).

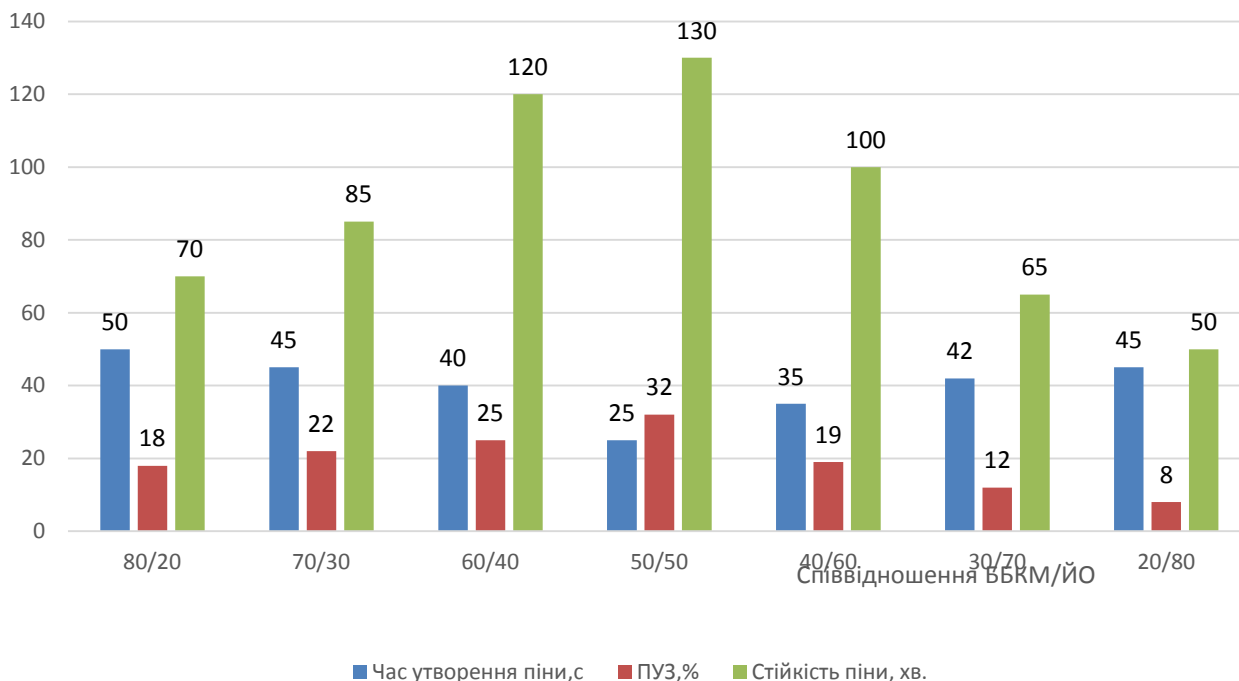


Рис. 4 – Технологічні показники при різних співвідношень ББКМ($FK=5$)/ЙО

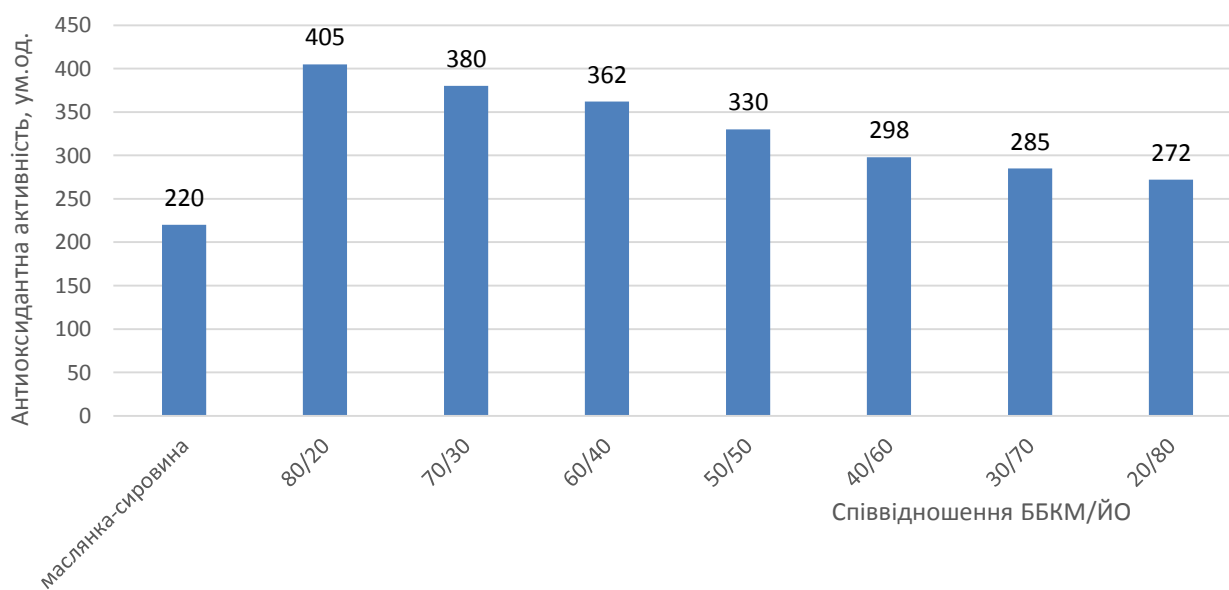


Рисунок 5 – Антиоксидантна активність зразків в залежності від співвідношення ББКМ($FK=5$)/ЙО

За мінімальний час утворення піни найбільшу ПУЗ (32%) і стійкість піни показав зразок номер 4 із співвідношенням ББКМ (ФК=5)/ЙО – 50:50.

Отже, для подальших дослідів було обрано два зразки: ББКМ (ФК=4)/ЙО – 60:40 (для безлактозного концентрату, отриманого ультрафільтрацією маслянки при ФК=4) та ББКМ (ФК=5)/ЙО – 50:50 (для безлактозного концентрату, отриманого ультрафільтрацією маслянки при ФК=5). Обидва зразки мають найкращі показники: ПУЗ – 28% і 32% відповідно, стійкість піни – 120 та 130 хвилин відповідно. За органолептичними показниками зразки схожі, вони мають приємний кисло-молочний смак і легкий кислуватий присмак, однорідну консистенцію, що є властивим для кисломолочного морозива. Антиоксидантна активність зразків складає 315 і 330 ум. од. відповідно.

Наступний етап роботи – обґрунтування вибору допоміжних рецептурних складових для

виробництва низьколактозного морозива. В якості допоміжних інгредієнтів використовували: пребіотики – інулін та лактулозу, стабілізатор, імбир та лимонну кислоту.

В роботі використовували препарат інуліну *Frutafit HD*. В попередньо підігріті ББКМ до 45–50 °С для кращого розчинення препарату, вносили інулін у концентрації 1–6 % з шагом 0,5 %, інтенсивно перемішували та витримували 20–40 хвилин. Далі зразки охолоджували до 20 °С та вносили йогуртну основу у співвідношенні ББКМ(ФК=4)/ЙО 60:40 та ББКМ(ФК=5)/ЙО 50:50. В контрольні зразки інулін не вносили.

В зразках визначали піноутворювальну здатність та в'язкість. Піну отримували шляхом збивання зразків при температурі 20 °С протягом 30 сек.

Результати впливу концентрації інуліну на ПУЗ сумішей ББКМ(ФК=4)/ЙО – 60:40 та ББКМ(ФК=5)/ЙО 50:50 – на рис. 6.

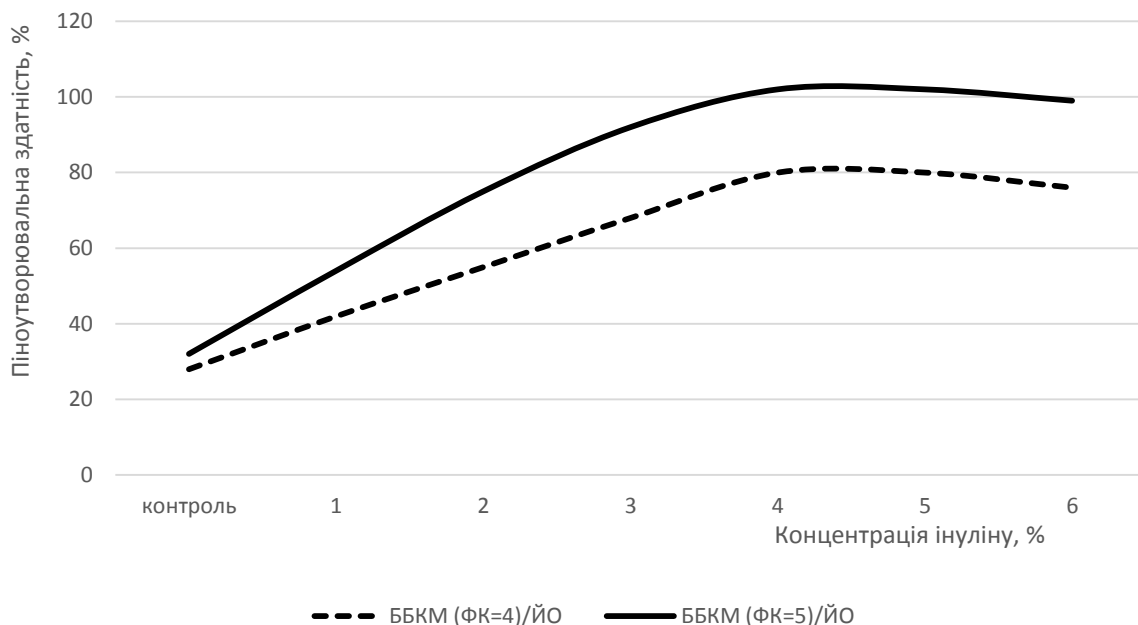


Рисунок 6 – Вплив концентрації інуліну на ПУЗ суміші ББКМ/ЙО

За контроль взяли ПУЗ суміші ББКМ/ЙО у співвідношенні 60:40, яка становить 28 % (рис. 2), для співвідношення 50:50 – 32 % (рис. 4).

Як показують дані рис. 6, із збільшенням концентрації інуліну ПУЗ суміші зростає. Максимальна піноутворювальна здатність (при концентрації інуліну 4 %) для ББКМ

(ФК=4)/ЙО у співвідношенні 60:40 становить 80 %, для ББКМ (ФК=5)/ЙО у співвідношенні 50:50 – 100 %.

Зростання піноутворюючої здатності зумовлене властивостями інуліну. Інулін володіє поверхнево-активними властивостями, який здатний адсорбуватися на міжфазній поверхні. Молекули інуліну складаються з гідрофо-

бної і гідрофільної частини, вони спрямовуються на кордон розділу фаз, і, адсорбуючись там, утворюють своєрідний поверхневий шар, в якому вони розміщуються певним чином: гідрофільна частина молекул знаходиться у водному середовищі, а гідрофобна –

спрямована в бік газового середовища. В результаті цього на кордоні розділу фаз значно знижується поверхневий натяг. При концентрації інуліну більше 4 % ПУЗ суміші поступово знижується, що пов'язано із різким збільшенням в'язкості (рис. 7).

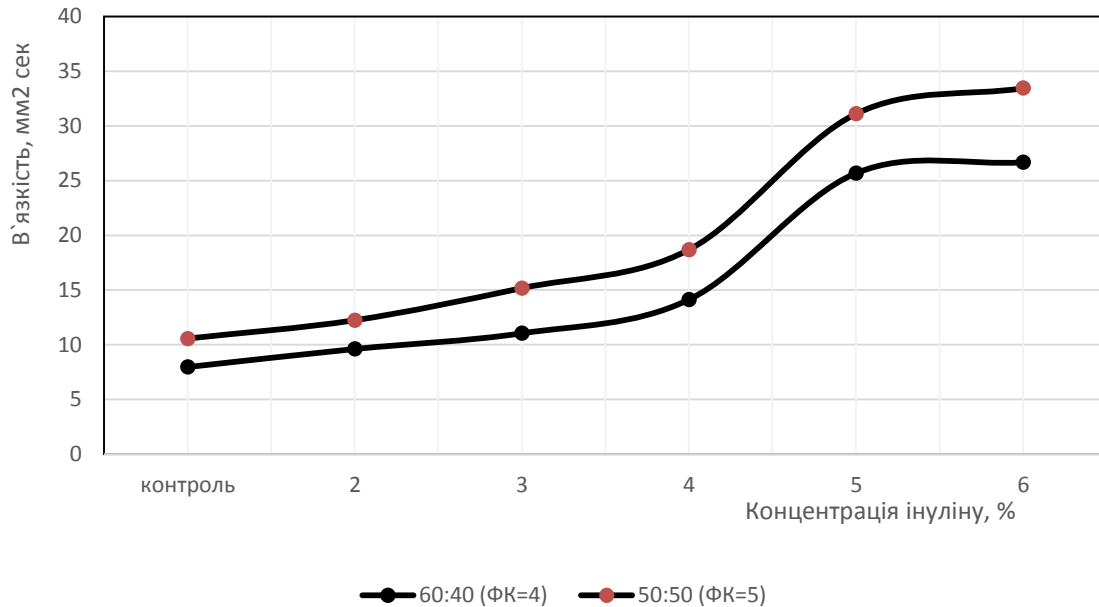


Рис. 7 – Вплив концентрації інуліну на в'язкість суміші ББКМ/ЙО у співвідношенні 60:40 (ФК=4) та 50:50 (ФК=5)

Таким чином, внесення інуліну призвело до збільшення здатності суміші до насичення повітрям, а отже і до збільшення збитості морозива у подальшому.

В'язкість сумішей визначали на віскозиметрі ВПЖ-2 (діаметр 1,31 мм). Отримані значення в'язкості обраних зразків суміші ББКМ/ЙО наведені на рис. 7. За контроль взяли в'язкість суміші ББКМ(ФК=4)/ЙО у співвідношенні 60:40, яка становила 7,972 мм²·с, у співвідношенні 50:50 (ФК=5) – 10,555 мм²·с.

Із збільшенням концентрації інуліну більше 4 % різко збільшувалась в'язкість суміші, що в подальшому, при зберіганні, може провокувати утворення вади структури. Консистенція суміші при концентрації інуліну 5 % значно надто в'язка. Тому кількість інуліну у концентрації 4 % є достатньою.

Інулін містить 7 % фруктози, глюкози, сахарози (згідно паспорту якості на інулін, що надав виробник), завдяки цьому в рецептурі морозива можливо знизити вміст цукру.

Додатково проведені дослідження щодо окремого та сумісного впливу інуліну та лактулози на розвиток лактобацил, стрептококів та біфідобактерій при розробці йогурту. Прийшли висновку, що сумісне використання і інуліну, і лактулози в більшому ступені збільшує ріст корисної мікрофлори, ніж їх окреме використання. Тому до рецептури морозива включаємо два пребіотики – інулін та лактулозу.

В роботі використовували порошок лактулози (виробник – *Fresenius Kabi Company*, Італія), який вносили в попередньо підігріті ББКМ до 45–50 °С для кращого розчинення препарату, вносили лактулозу у концентрації 0,6 % та 1 %, інтенсивно перемішували та витримували 10–15 хвилин. Далі зразки охолоджували до 20 °С та вносили йогуртну основу у співвідношенні ББКМ(ФК=4)/ЙО 60:40 та ББКМ(ФК=5)/ЙО 50:50. В зразках визначали органолептичні показники. Для проведення органолептичної оцінки було приготовано 3 зразки: 1 – суміш для морозива без лактулози; 2 – суміш для морозива з концентрацією

лактозу 0,6 %; 3 – суміш для морозива з концентрацією лактулози 1%. Більш високі концентрації лактулози не використовували, так як це значно здорожує продукт та може

призвести до дисфункції кишечника (проносу, або кишкових колік).

Результати органолептичної оцінки експериментальних зразків наведені в табл. 4.

Таблиця 4 – Органолептичні показники сумішей

Показники	Зразок без лактулози	Зразок з лактулозою 0,6 %	Зразок з лактулозою 1 %
Смак та запах	виражений кисломолочний без сторонніх присмаків та запахів	кисломолочний з легким солодкуватим присмаком	приємний кисломолочний з вираженим солодкуватим присмаком
Консистенція	рідка, однорідна		
Колір	однорідний, білий		

Зразок 3 в порівнянні із зразками 1 і 2 мав однорідну консистенцію, більш виражений солодкий присмак. Солодкий присмак обумовлено тим, що лактулоза в два рази солодша за лактозу. В рецептурі морозива завдяки цьому можна знизити вміст сахарози.

Отже, внесення лактулози в кількості 1% від маси суміші позитивно впливає на органолептичні показники суміші, така концентрація лактулози відповідає нормам, затвердженим МОЗ України (досягається потрібний лікувально-профілактичний ефект для здоров'я споживача).

Внесення пребіотика лактулози у кількості лактулози менше 1 % може не привести до істотного виживання мікрофлори закваски.

Для покращання структури та консистенції морозива використовували універсальний стабілізатор «Ультра текс» ICE1-0023 фірми «Текстра-Віта», що розроблений спеціально для виробництва морозива на молочній основі різної жирності. Він дозволяє надати морозиву «вершковий» смак, сприяє утворенню стабільної молочної емульсії, збільшує час танення морозива та гарантує отримання морозива високої якості.

Кількість стабілізатору, яку необхідно вносити до суміші морозива, складає 4,5-5 кг на 1 тону суміші (0,45–0,5 %). Стабілізатор вносять в суміш морозива при температурі 70 °С, попередньо змішавши його з частиною цукру (згідно рекомендацій виробника). Але внесення інуліну у кількості 4 %, який також має стабілізуючий ефект (підвищує ПУЗ, в'язкість

суміші та покращує консистенцію), можна зменшити кількість стабілізатору. Це дозволить суттєво знизити собівартість морозива.

Підбір концентрації стабілізатора здійснювали за показниками ПУЗ та в'язкості сумішей.

Для реалізації поставленої задачі було приготовано по 5 зразків суміші ББКМ/ЙО у співвідношенні 60:40 (ФК=4) та 50:50 (ФК=5). Попередньо змішували інулін (4 %) та стабілізатор у різних концентраціях. Підігрівали ББКМ до 45-50 °С, розчиняли суміш інуліну та стабілізатору. Діапазон варіювання концентрації стабілізатору – від 0,1 до 0,3 % з шагом 0,05 %. Суміш охолоджували до 20 °С, вносили йогурт.

Піну отримували шляхом збивання зразків при температурі 20 °С протягом 30 сек.

Результати дослідів щодо впливу концентрації стабілізатору на ПУЗ суміші ББКМ/ЙО наведені на рис. 8. За контроль взяли зразки сумішей ББКМ(ФК=4)/ЙО – 60:40 з концентрацією інуліну 4 %, ПУЗ якого становила 80 % для зразку суміші ББКМ(ФК=5)/ЙО – 50:50 – ПУЗ 100 % без стабілізатору (рис. 6).

Із збільшенням концентрації стабілізатору ПУЗ суміші зростає (рис. 8). Це пояснюється складом та поверхнево активними властивостями стабілізатору, у результаті чого збільшується в'язкість суміші (рис. 9). В'язкість прямо пропорційна ПУЗ. Також це можна пояснити збільшенням масової частки білка в суміші (до складу стабілізатору входить концентрат сироваткових білків).

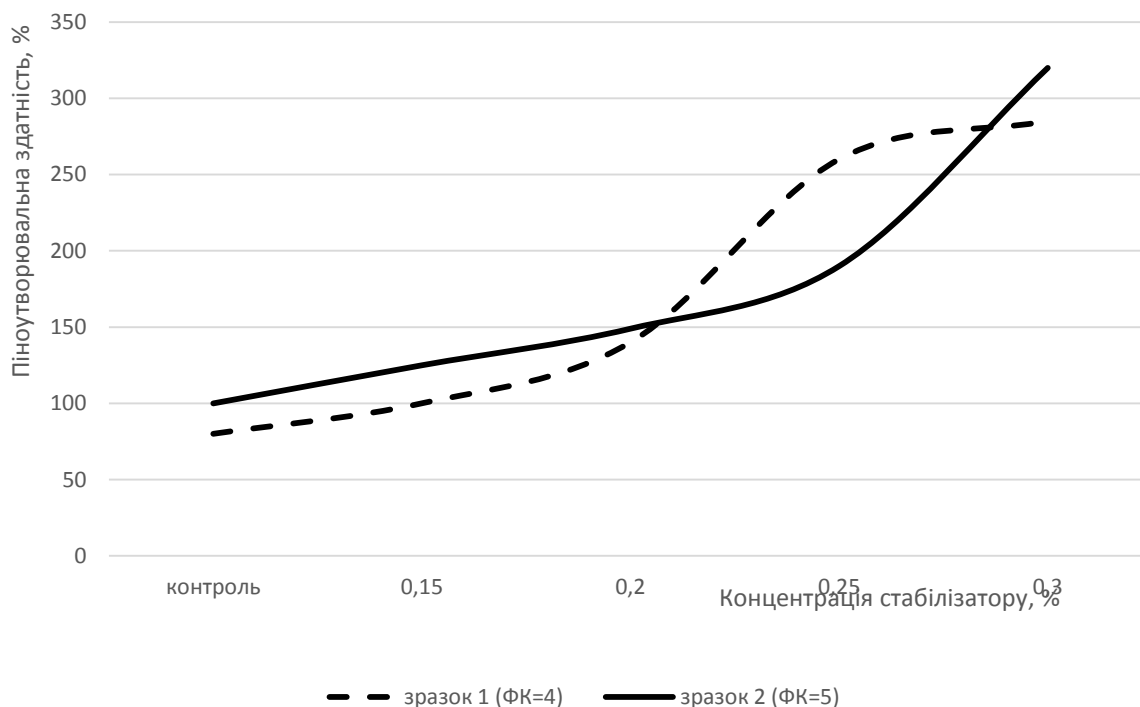


Рисунок 8 – Вплив концентрації стабілізатору на піноутворювальну здатність суміші ББКМ/ЙО

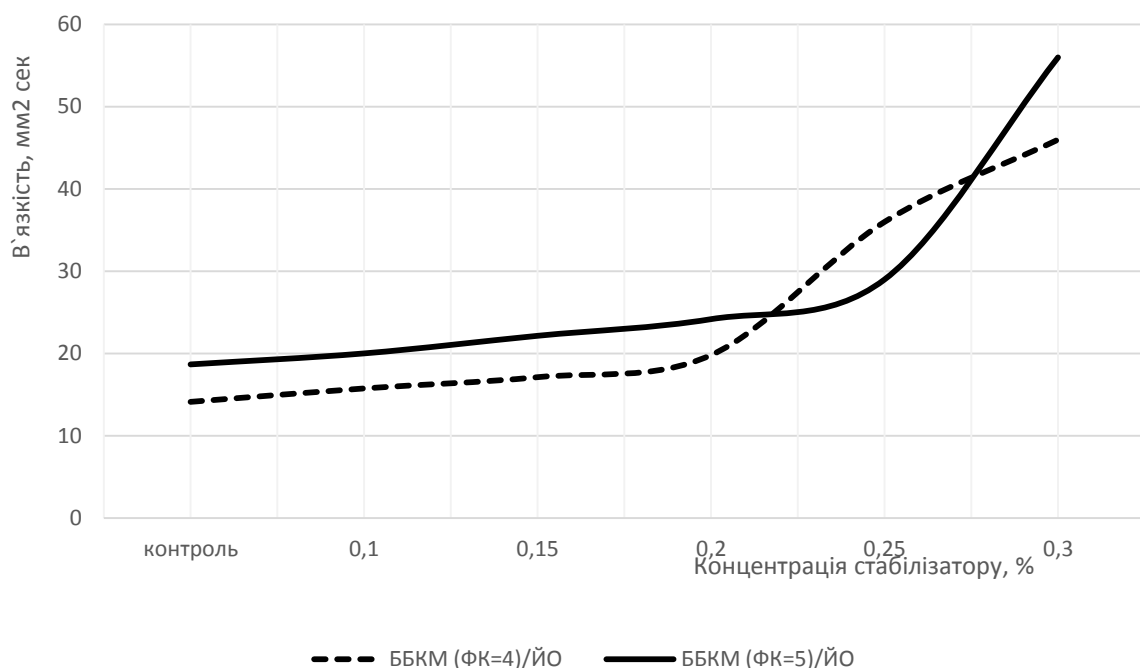


Рисунок 9 – Вплив концентрації стабілізатору на в'язкість суміші ББКМ/ЙО

Таким чином, внесення стабілізатору призвело до збільшення здатності суміші до насичення повітрям. При концентрації стабілізатору вище 0,2 % (для ББКМ (ФК=4)) та 0,25 % (для ББКМ (ФК=5)) різко збільшується в'язкість суміші (рис. 9), що буде значно ускладнювати процес фризювання суміші.

Тому концентрації стабілізатору 0,2 % (для суміші ББКМ(ФК=4)/ЙО) та 0,25% (для суміші ББКМ(ФК=5)/ЙО) є достатніми.

У контрольних зразках в'язкість суміші ББКМ(ФК=4)/ЙО у співвідношенні 60:40 становила 14,126 мм²·с. В'язкість контрольного зразку суміші ББКМ(ФК=5)/ЙО у співвідношенні 50:50 становила 18,678 мм²·с.

Внесення стабілізатору підвищує в'язкість суміші. Найбільше значення в'язкості відзначено в зразках з 0,3 % стабілізатору – 46,112 мм²·с (для ББКМ (ФК=4)/ЙО) та 56,345 мм²·с (для ББКМ (ФК=5)/ЙО). Але така висока в'язкість суміші може в подальшому погано вплинути на здатність суміші до насичення повітрям та стабільності структури в процесі зберігання.

Отже, зважаючи на результати експериментів, концентрації стабілізатору для суміші ББКМ/ЙО у співвідношенні 60:40 у кількості 0,20 %, та для співвідношенні 50:50 у кількості 0,25 % є достатніми.

Для поліпшення органолептичних показників низьколактозного морозива та для підвищення його функціональних властивостей до рецептури низьколактозного морозива включено порошок імбиру.

Для підбору концентрації порошку імбиру було виготовлено 4 зразки суміші морозива з концентрацією імбиру – 0,15 ... 0,45 % з шагом

0,15, яку визначили на основі аналізу рецептур продуктів-аналогів.

В підігрітому до температури 45 °С ББКМ розчиняли інулін (4 %), лактулозу (1%), цукор (12–13 %) та різні дози імбиру (0,15 %, 0,3 %, 0,45 %). Суміш ретельно перемішували та охолоджували до температури 4–6 °С, вносили ЙО у співвідношенні до концентрату 60:40 (ФК=4) та 50:50 (ФК=5). Отриману суміш для морозива піддавали органолептичній оцінці. Для оптимізації дози харчових добавок використовували метод попарного порівняння зразків з вибором бажаного.

В експертизі з визначення оптимальної дози імбиру брало участь 5 незалежних експертів, яким було запропоновано 4 зразки продуктів: 1 – суміш для морозива без імбиру, 2 – суміш для морозива з 0,15 % імбиру; 3 – суміш для морозива з 0,3 % імбиру; 4 – суміш для морозива з 0,45 % імбиру.

Результати експертизи представлені в табл. 5.

Таблиця 5 – Експертиза сумішей з різним вмістом імбиру

Номер зразку	Уподобання експертів (бали)					Сума вподобань	Частота вподобань, F_i	Бали, G_i
	1	2	3	4	5			
1	3	2	1	2	1	9	1,8	0,3
2	2	1	3	2	4	12	2,4	0,4
3	3	2	4	3	3	15	3	0,5
4	1	2	1	1	2	7	1,4	0,23

За результатами суми вподобань ряд зразків виглядає так: 3, 2, 1, 4. Після виконаних розрахунків за формулами (1, 2, 3) зразок 3, що містить 0,3 % імбиру, отримав найвищий бал – 0,5; тобто ця доза виявилася раціональною і надалі використовувалася в рецептурі низьколактозного морозива.

Спочатку розраховували частоту переваг (F_i) за формулою (1):

$$F_i = \frac{\text{Сума вподобань зразка}}{\text{Число експертів}}, \quad (1)$$

Потім розраховували бал (G_i) за формулою (2):

$$G_i = \frac{F_i}{C}, \quad (2)$$

де C – загальне число оцінок кожного експерта (3):

$$C = \frac{m \times (m - 1)}{2}, \quad (3)$$

де m – число досліджуваних зразків.

Як зменшення (до 0,15 %), так і збільшення (до 0,45 %) дози внесеного імбиру викликало небажані зміни органолептичних показників продуктів: недостатньо виражений смак і аромат (при 0,15 %); гіркота, нав'язливий смак і запах імбиру (при 0,45 %).

Для покращення органолептичних властивостей суміші для низьколактозного морозива було обрано ще одну харчову добавку – лимонну кислоту. Вона володіє найбільш м'яким і приємним смаком в порівнянні з інши-

ми харчовими кислотами, завдяки чому знаходить найширше застосування в харчовій промисловості. Вона надає не тільки приємний кислуватий присмак, але і захищає продукти від руйнівної дії важких металів, тобто діє як антиоксидант.

Для підбору концентрації лимонної кислоти було приготовлено 4 зразки суміші з концентрацією лимонної кислоти – 0,1...0,2 %, яку визначили на основі аналізу рецептур продуктів-аналогів.

Лимонну кислоту в концентрації 0,1 %, 0,15 % та 0,2 % вносили в зразки охолоджених сумі-

шей для низьколактозного морозива (суміші готували так само як в попередньому досліді, але додатково вносили імбир у кількості 0,3%). В експертизі брало участь 5 незалежних експертів, яким було запропоновано 4 зразки продуктів: 1 – суміш для морозива без лимонної кислоти; 2 – суміш для морозива з 0,1 % лимонної кислоти; 3 – суміш для морозива з 0,15 % лимонної кислоти; 4 – суміш для морозива з 0,2 % лимонної кислоти.

Результати експертизи представлені в табл. 6.

Таблиця 6 – Експертиза суміші з різним вмістом лимонної кислоти

Номер зразку	Уподобання експертів (бали)					Сума вподобань	Частота вподобань, F_i	Бали, G_i
	1	2	3	4	5			
1	1	2	1	3	2	9	1,8	0,30
2	4	3	2	3	3	15	3	0,50
3	3	2	3	4	4	16	3,2	0,53
4	1	1	2	1	2	7	1,4	0,23

За результатами суми вподобань ряд зразків виглядає так: 3, 2, 1 та 4. Причому, по балам зразки 3 і 2 відрізнялися незначно, відповідно – 0,5 і 0,53 бали. Збільшення (до 0,2 %) дози внесеної лимонної кислоти викликало небажані зміни органолептичних показників продукту: занадто кислий смак, гіркість.

В якості раціональної концентрації лимонної кислоти обрано зразок 3 (0,15 %) і надалі її використовували в рецептурі низьколактозного морозива.

На підставі обґрунтованих концентрацій основних та допоміжних компонентів розраховані рецептури сумішей молочного морозива, які наведені в табл. 7.

Таблиця 7 – Рецептура на морозиво низьколактозне

Сировина	Маса сировини, кг	
	Зразок 1	Зразок 2
Безлактозний білковий концентрат з маслянки (ББКМ), отриманий діяфільтрацією (DV=7) УФ ретентату при ФК=4 (Ж = 1,6 %); СЗМЗ = 13,5%)	488,1	-
Безлактозний білковий концентрат з маслянки (ББКМ), отриманий діяфільтрацією (DV=7) УФ ретентату при ФК=5 (Ж = 2,0 %; СЗМЗ = 16,94 %)	-	411,5
Інулін (СР = 95,8 %)	40	40
Лактулоза (СР = 99,2 %)	10	10
Цукор	130,0	120,0
Стабілізатор	2,0	2,5
Імбир	3	3
Йогуртна основа (ЙО) (Ж=0,54 %; СЗМЗ =12,34 %)	325,4	411,5
Лимонна кислота	1,5	1,5
Всього	1000	1000

За рецептурою виготовлено два зразки сумішей низьколактозного морозива, в яких ви-

значали масову частку лактози та антиоксидантну активність (рис. 10).

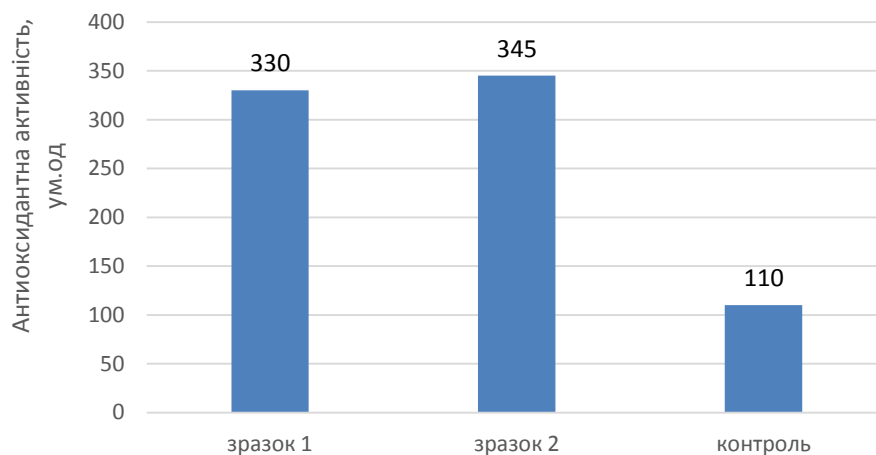


Рисунок 10 – Антиоксидантна активність зразків суміші низьколактозного морозива

Масова частка лактози в зразку 1 становила – 1,1%, для зразку 2 – 1,4%.

Обидва зразки (зразок 1 та зразок 2) проявляли антиоксидантну активність – 330 ум. од. та 345 ум. од. відповідно, що пов'язано із більшою кількістю білків (особливо тих, що містять сірковмісні амінокислоти), фосфоліпідів та рецептурних компонентів, що входять до суміші морозива (інуліну та імбиру) у порівнянні із традиційним молочним морозивом (110 ум. од. активності).

Отримані рецептури в подальшому будуть використані в розробці технологічних параметрів виробництва низьколактозного морозива.

ВИСНОВКИ

Підібрано співвідношення безлактозного білкового концентрату з маслянки (ББКМ), що отриманий діафільтрацією (DV=7) УФ ретендату маслянки (ультрафільтрацію маслянки проводили при ФК=4 і ФК=5) та йогуртної основи (ЙО), що становить для ББКМ (ФК=4)/ЙО – 60:40, для ББКМ (ФК=5)/ЙО –

50:50. Обидва зразки мають найкращі показники: ПУЗ – 28% і 32% відповідно, стійкість піни – 120 та 130 хвилин відповідно. За органолептичними показниками зразки схожі, вони мають приємний кисломолочний смак без сторонніх присмаків та запахів, однорідну консистенцію, що є властивим для кисломолочного морозива. Антиоксидантна активність зразків становить 315 і 330 ум. од. відповідно.

Обґрунтовано вибір та підібрані концентрації рецептурних складових для виробництва морозива, масові частки яких склали: інуліну для ББКМ/ЙО (для ФК=4 та ФК=5) – 4 %; лактулози – 1 %; імбиру – 0,3 %; лимонної кислоти – 0,15 %; стабілізатору – 0,2 % (для ББКМ (ФК=4)/ЙО) та 0,25 % (для ББКМ (ФК=5)/ЙО).

Розроблені рецептури низьколактозного морозива.

Вміст лактози в зразках 1 та 2 становив – 1,1%, та 1,4 % відповідно. Антиоксидантна активність отриманих сумішей морозива вища у 3–3,1 рази, ніж традиційне молочне морозиво.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Corgneau, M., Scher, J., Ritie-Pertusa, L., Le, D. t. l., Petit, J., Nikolova, Y., ... Gaiani, C. (2015). Recent advances on lactose intolerance: Tolerance thresholds and currently available answers. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(15), 3344–3356. doi: [10.1080/10408398.2015.1123671](https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1123671)

2. Montalto, M., Curigliano, V., Santoro, L., Vastola, M., Cammarota, G., Manna, R., ... Gasbarrini, G. (2006). Management and treatment of lactose malabsorption. *World Journal of Gastroenterology*, 12(2), 187. doi: 10.3748/wjg.v12.i2.187
3. Suchy, F.J., Brannon, P.M., Carpenter, T.O., Fernández, J.R., Gilsanz, V., Gould, J.B., Hall, K., Hui, S.L., Lupton, J.R., Mennella, J.A., Miller, N.J., Osganian, S.K., Sellmeyer, D.E., & Wolf, M.A. (2010). NIH consensus development conference statement: Lactose intolerance and health. *NIH consensus and state-of-the-science statements*, 27(2), 1-27.
4. Bartkovskiy, I. I., Polishchuk, H. Ye., Sharakhmatova, T. Ye., Turovska, L. L., & Hudz, I. S. (2010). *Tekhnolohiia morozyva* [Ice cream technology]. Kyiv: Morozyvo i zamorozheni produkty (in Ukrainian)
[Бартковський, І. І., Поліщук, Г. Є., Шарахматова, Т. Є., Туровська, Л. Л., & Гудз, І. С. (2010). *Технологія морозива*. Київ: Морозиво і заморожені продукти].
5. Vyshemirskij, F. A., & Ozhghina, N. N. (2011). Pahta: minimum kalorij-maksimum biologicheskoy cennosti [Buttermilk: minimum calories-maximum biological value]. *Molochnaja promyshlennost'*, 9, 54–56 (in Russian)
[Вышемирский, Ф. А., & Ожгихина, Н. Н. (2011). Пахта: минимум калорий-максимум биологической ценности. *Молочная промышленность*, 9, 54–56].
6. Polishchuk, H. Ye. (2013). Formuvannia skladnykh dyspersnykh system molochnoho morozyva z naturalnymy komponentamy [The formation of complicated dispersed systems of the low-fat ice cream with natural ingredients] (Doctoral dissertation). Kyiv: NUKhT (in Ukrainian)
[Поліщук, Г. Є. (2013). *Формування складних дисперсних систем молочного морозива з натуральними компонентами* (Докторська дисертація). Київ: НУХТ].
7. Tvorogova, A. A. (2014). Primenenie ingredientov v proizvodstve morozhenogo, vzbityh zamorozhennykh desertov i pishhevyh l'dov [The use of ingredients in the production of ice cream, whipped frozen desserts and food ice]. In V. Tutel'jan, A. Nechaev, *Pishhevye ingredienty v sozdanii sovremennykh produktov pitaniya* (pp. 412–432). Moscow: Nauchno-issledovatel'skij institut pitaniya (in Russian)
[Творогова, А. А. (2014). Применение ингредиентов в производстве мороженого, взбитых замороженных десертов и пищевых льдов. В В. Тутельян, А. Нечаев, *Пищевые ингредиенты в создании современных продуктов питания* (с. 412–432). Москва: Научно-исследовательский институт питания].
8. Rudavska, H. B., Tyshchenko, Ye. V., & Prytulska, N. V. (2002). *Naukovi pidkhody ta praktychni aspekty optymizatsii asortymentu produktiv spetsialnoho pryznachennia* [Scientific approaches and practical aspects of optimization of the range of special purpose products]. Kyiv: KNTEU (in Ukrainian)
[Рудавська, Г. Б., Тищенко, Є. В., & Притульська, Н. В. (2002). *Наукові підходи та практичні аспекти оптимізації асортименту продуктів спеціального призначення*. Київ: КНТЕУ].
9. Korotkaja, E. V. (2018). Vlijanie zamorazhivaniya na aktivnost' nekotoryh vidov molochnokislykh bakterij [Effect of freezing on the activity of some lactic acid bacteria]. In A. Prosekov, *Innovacii v pishhevoj biotekhnologii* (pp. 188–192). Kemerovo: Kemerovskij gosudarstvennyj universitet (in Russian)
[Короткая, Е. В. (2018). Влияние замораживания на активность некоторых видов молочнокислых бактерий. В А. Просеков, *Инновации в пищевой биотехнологии* (с. 188–192). Кемерово: Кемеровский государственный университет].
10. Tymczyszyn, E. E., Santos, M. I., Costa, M. C., Illanes, A., & Gómez-Zavaglia, A. (2014). *History, synthesis, properties, applications and regulatory issues of prebiotic oligosaccharides*. In M. Gill, *Carbohydrates Applications in Medicine* (pp. 127–154). Kerala: Research Signpost.
11. Ahmedova, V. R., Rjabceva, S. A., Shpak, M. A., Anisimov, G. S., Marugina, E. V. (2015). *Nauchnoe obosnovanie sposoba poluchenija kislomolochnogo morozhenogo s prebioticheskimi komponentami* [Scientific rationale for producing fermented ice cream with prebiotic components]. *Food Processing: Techniques and Technology*, 4(39), 5–11 (in Russian)

- [Ахмедова, В. Р., Рябцева, С. А., Шпак, М. А., Анисимов, Г. С., Маругина, Е. В. (2015). Научное обоснование способа получения кисломолочного мороженого с пребиотическими компонентами. *Техника и технология пищевых производств*, 4(39), 5–11].
12. Kaprel'janc, L. V. (2015). *Prebiotiki: himija, tehnologija, primenenie* [Prebiotics: chemistry, technology, application]. Kiev: JenterPrint (in Russian)
[Капрельянц, Л. В. (2015). *Пребиотики: химия, технология, применение*. Киев: ЭнттерПринт].
 13. Leonidov, D. S. (2011). *Prebiotik laktuloza: jeffektivnaja strategija razvitija zdorovogo pitaniya* [Prebiotic lactulose: an effective strategy for the development of healthy nutrition]. *Molochnaja promyshlennost'*, 2, 37–39 (in Russian)
[Леонидов, Д. С. (2011). Пребиотик лактулоза: эффективная стратегия развития здорового питания. *Молочная промышленность*, 2, 37–39].
 14. Samchenko, O. N., & Chizhikova, O. G. (2008). *Ispol'zovanie prjanostej semejstva Imbirnye v kachestve istochnika biologicheski aktivnyh veshhestv v izdelijah iz muki* [Using spices from the family of Ginger as a source of biologically active substances in products made from flour]. *Vestnik Tihookeanskogo gosudarstvennogo jekonomicheskogo universiteta*, 4, 67–72 (in Russian)
[Самченко, О. Н., & Чижикова, О. Г. (2008). Использование пряностей семейства Имбирные в качестве источника биологически активных веществ в изделиях из муки. *Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета*, 4, 67–72].
 15. Mogil'nyj, M. P. (2007). *Pishhevye i biologicheski aktivnyye veshhestva v pitanii* [Food and biologically active substances in nutrition]. Moscow: DeLi print (in Russian)
[Могильный, М. П. (2007). *Пищевые и биологически активные вещества в питании*. Москва: ДеЛи принт].
 16. Smirnov, V. (1988). *Pishhevye kisloty* [Food acids]. Moscow: Agropromizdat (in Russian)
[Смирнов, В. (1988). *Пищевые кислоты*. Москва: Агропромиздат].
 17. Sharakhmatova, T., & Lozova O. (2009). *Rozrobka tekhnolohii morozyva dlja liudei z laktaznoi nedostatnistiu* [Creation of ice cream technology for people with lactase deficiency]. *Naukovi pratsi [Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii]*, 36(2), 311–315 (in Ukrainian)
[Шарахматова, Т., & Лозова О. (2009). Розробка технології морозива для людей з лактазною недостатністю. *Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]*, 36(2), 311–315].
 18. Sharakhmatova, T. Ye. (2010). *Rozrobka tekhnolohii bezlaktoznoho morozyva, zbahachenoho probiotychnymy kulturamy* [Development of technology of lactose ice-cream, enriched with probiotic cultures]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*, 2, 83–87 (in Ukrainian)
[Шарахматова, Т. Є. (2010). Розробка технології безлактозного морозива, збагаченого пробіотичними культурами. *Харчова наука і технологія*, 2, 83–87].
 19. Ereshova, V. D. (2011). *Razrabotka tehnologii nizkolaktoznogo morozhenogo* (Doctoral dissertation). Retrieved from <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/484835.html> (in Russian)
[Єрешова, В. Д. (2011). *Разработка технологии низколактозного мороженого* (Кандидатская диссертация). URL: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/484835.html>].
 20. Evdokimov, I. A., Kulikov, I. K., Jereshova, V. D., Anisimov, S. V., Medvedeva, V. G. (2011). *Ispol'zovanie fermentativnogo gidroliza v tehnologii nizkolaktoznogo morozhenogo* [Application of the fermentative hydrolysis in the technology of the low lactose ice-cream]. *Molochnaja promyshlennost'*, 10, 68–70 (in Russian)
[Евдокимов, И. А., Куликов, И. К., Эрешова, В. Д., Анисимов, С. В., Медведева, В. Г. (2011). Использование ферментативного гидролиза в технологии низколактозного мороженого. *Молочная промышленность*, 10, 68–70].
 21. Arsen'eva, T. P., Jakovleva, Ju. A., Maksotova, R. M., Orazbek, A. O. (2012). *Nizkolaktoznoe slivochnoe morozhenoe dlja diabetikov* [Low lactose level creamy ice-cream for diabetics]. *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Serija "Processy i apparaty pishhevyh proizvodstv"*, 1, 1–7 (in Russian)

- [Арсеньева, Т. П., Яковлева, Ю. А., Максотова, Р. М., Оразбек, А. О. (2012). Низколактозное сливочное мороженое для диабетиков. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*, 1, 1–7].
22. Nivetha, A., & Mohanasrinivasan, V. (2017). Mini review on role of β -galactosidase in lactose intolerance. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 263, 022046. doi: [10.1088/1757-899x/263/2/022046](https://doi.org/10.1088/1757-899x/263/2/022046)
23. Makarova, E. V., Tekut'eva, L. A., Fishhenko, E. S., & Son, O. M. (2012). Razrabotka receptury m'jagkogo morozhenogo s pro- i prebiotichesкими svojstvami [Development of soft ice cream with pro and prebiotic properties]. *Pishhevaja promyshlennost'*, 10, 54–56 (in Russian)
[Макарова, Е. В., Текутьева, Л. А., Фищенко, Е. С., & Сон, О. М. (2012). Разработка рецептуры мягкого мороженого с про- и пребиотическими свойствами. *Пищевая промышленность*, 10, 54–56].
24. Lifljandskij, V. G. (2004). Novejshaja jenciklopedija zdorovogo pitaniya [The newest encyclopedia of a healthy food]. Moscow: Neva (in Russian)
[Лифляндский, В. Г. (2004). *Новейшая энциклопедия здорового питания*. Москва: Нева].
25. Shalygina, A. M. (Ed.). (2000). Metody issledovaniya moloka i molochnyh produktov [Methods for studying milk and dairy products]. Moscow: Kolos (in Russian)
[Шалыгина, А. М. (Ред.). (2000). *Методы исследования молока и молочных продуктов*. Москва: Колос].
26. Khomych, H. P., Vikul, S. I., Kapreliants, L. V., Osypova, L. A., & Lozovska, T. S. (2015). *UA Patent No 107506 C2*. Retrieved from http://www.library.onaft.edu.ua/patents_2015/vyn_107506.pdf (in Ukrainian)
[Хомич, Г. П., Вікуль, С. І., Капрельянц, Л. В., Осипова, Л. А., & Лозовська, Т. С. (2015). *UA Патент № 107506 C2*. URL: http://www.library.onaft.edu.ua/patents_2015/vyn_107506.pdf].
27. Bondar, S., Trubnikova, A., & Chabanova, O. (2018). Investigation of membrane process for the lactose extract from buttermilk con-centrates. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 20(85), 62–69. doi: [10.15421/nvlvet8512](https://doi.org/10.15421/nvlvet8512)
28. Bondar, S., Chabanova Oksana, O., SSharakmatova, T., & Trubnikova, A. (2018). Analysis of a new diafiltration method of cleaning buttermilk from lactose with mineral composition preserved. *Food science and technology*, 12(1). doi: [10.15673/fst.v12i1.839](https://doi.org/10.15673/fst.v12i1.839)
29. Trubnikova, A., Sharakhmatova, T., Mamintova, K., & Tsupra, O. (2018). *Biotekhnolohichni aspekty otrymannia yohurtnoi osnovy dlia vyrobnytstva nyzkolaktoznoho morozyva* [Biotechnological aspects of a yogurt base from buttermilk for the production of low-lactose ice cream]. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". New solutions in modern technologies*, 9, 243–255 (in Ukrainian)
[Трубнікова, А., Шарахматова, Т., Маминтова К., & Цурпа, О. (2018). Біотехнологічні аспекти отримання йогуртної основи для виробництва низьколактозного морозива. *Вісник Національного Технічного Університету «Харківський політехнічний інститут»*. *Нові рішення у сучасних технологіях*, 9, 243–255].