

*Запропоновано стратегію розроблення замороженої десертної продукції (ЗДП) на основі нежирної молочної та рослинної сировини. Визначено вміст у білково-вуглеводних напівфабрикатах (БВН) основних інгредієнтів, серед яких білково-вуглеводний згусток (БВЗ), ягідне пюре та цукор. Встановлено, що сумісне використання модифікованої молочної та рослинної сировини за умов науково-обґрунтованого ведення технологічного процесу здатне надавати системі нових властивостей піноутворюючого та стабілізуючого характеру*

*Ключові слова: білково-вуглеводний згусток, кизил, терен, гарбуз, обліпиха, заморожені десерти, піноутворювальна здатність, стійкість пін, глікемічний індекс*

*Предложена стратегия разработки замороженной десертной продукции (СДП) на основе нежирного молочного и растительного сырья. Определено содержание в белково-углеводных полуфабрикатах (БУП) основных ингредиентов, среди которых белково-углеводный сгусток (БУЗ), ягодное пюре и сахар. Установлено, что совместное использование модифицированного молочного и растительного сырья в условиях научно-обоснованного ведения технологического процесса способно придавать системе новые свойства пенообразующего и стабилизирующего характера*

*Ключевые слова: белково-углеводный сгусток, кизил, терн, тыква, облепиха, замороженные десерты, пенообразующая способность, устойчивость пен, гликемический индекс*

УДК (664.64 : 664.644.4 `6) : (664.8.037 : 641.85)

DOI: 10.15587/1729-4061.2016.65789

# ОБґРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІЛКОВО- ВУГЛЕВОДНОГО НАПІВФАБРИКАТУ В ТЕХНОЛОГІЇ ПРОДУКЦІЇ З ДИСПЕРСНОЮ СТРУКТУРОЮ

**А. В. Слащева**

Кандидат технічних наук, доцент\*

E-mail: sl-alina-2011@ya.ru

**Р. П. Никифоров**

Кандидат технічних наук, доцент\*

E-mail: nikradion@yandex.ua

**С. Ю. Попова**

Кандидат технічних наук, доцент\*

E-mail: Rez\_ok@mail.ru

**Ю. М. Коренець\***

E-mail: yuriy\_korenec@mail.ru

\*Кафедра технології в ресторанному господарстві та готельної і ресторанної справи  
Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського  
вул. Островського, 16, м. Кривий Ріг, Україна, 50005

## 1. Вступ

Виробництво морозива та заморожених десертів є одним з найбільш перспективних сегментів молочної індустрії. Морозиво є доступним повноцінним продуктом харчування з високою засвоюваністю, цінним джерелом важливих функціональних нутрієнтів [1]. Аналіз нутрієнтного складу існуючих на українському ринку морозива і заморожених десертів показує його невідповідність вимогам сучасної дієтики внаслідок переважання насиченими жирами та легкозасвоюваними вуглеводами, що викликає потребу у вдосконаленні рецептур десертної продукції за пріоритетними напрямками: підвищенні вмісту повноцінних білків і харчових волокон на фоні зниження вмісту насичених жирів та цукру. Сучасний підхід до створення десертів безумовно пов'язаний із дотриманням концепції глікемічних індексів та глікемічного навантаження [2].

Саме наявність у морозиві простих цукрів зумовлює його високий глікемічний індекс, що змушує

споживачів суттєво обмежувати його споживання, а хворих на цукровий діабет, серцево-судинні захворювання або ожиріння – взагалі виключати морозиво із харчових раціонів. Вирішення цієї проблеми можливе двома способами: виготовляти несолодке морозиво або використовувати замість цукру підсолоджувачі чи фруктозу [3, 4]. Несолодке морозиво є надзвичайно популярним у країнах Європи та у Японії, де виготовляють морозиво зі смаками м'яса, морепродуктів (креветок, восьминогів, кракатиці), морської капусти, пива, а також овочевого морозиво – томатне, гарбузове, морквяне, часникове, цибулеве, огіркове з пряними травами, бурякове, картопляне тощо. Проте, в Україні таке морозиво не є популярним і взагалі не виробляється жодним виробником. Українці сприймають морозиво виключно як десерт. Тому на сьогодні вирішити проблему зниження глікемічності морозива можна вирішити лише за рахунок використання підсолоджувачів або фруктози. Таким чином, науково-практичне завдання створення нового покоління заморожених

десертів зі знизеним глікемічним навантаженням, збагачених функціональними інгредієнтами, є актуальним і своєчасним.

## 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Сьогодні харчова промисловість стрімкими темпами розробляє нові продуктові платформи та виводить на ринок нові категорії продуктів. Основною метою цієї діяльності є економічне зростання суб'єктів господарювання, тому більшість видів харчової продукції містить у собі велику кількість харчових добавок, що утворюють ідентичні натуральним структуру, смак, колір продукту тощо. Але переважна частка харчових добавок має або синтетичне походження, або піддається глибокому фізико-хімічному впливу при виробництві, що зумовлює їх шкідливий вплив на здоров'я людини.

У сегменті замороженої десертної продукції, відмінною рисою якої є багатостадійність процесу виробництва та необхідність використання спеціального обладнання, всі сучасні технології передбачають застосування піно- та структуроутворювальних харчових добавок для утворення збитої та стійкої структури [5].

Фахівці молочної галузі відзначають, що напрямок створення низькокалорійного морозива за рахунок використання рослинних жирозамінників є достатньо розвинутим, проте їх регулярне вживання є шкідливим для здоров'я, тому все більше споживачів відмовляються від такого десерту та віддають перевагу більш корисній продукції. Однак, на відміну країн Європи, Америки та Азії, в Україні цей сегмент ринку замороженої продукції є незаповненим. Тому перед технологіями постає актуальна проблема розробки нових технологій і коригування рецептурного складу морозива і заморожених десертів з метою підвищення вмісту білка [6] і харчових волокон [7] на фоні зниження кількості жиру та цукру [8].

Перспективним напрямком вирішення означеної проблеми є використання як основи для морозива знежиреної молочної вторинної сировини, як наприклад, молочної сироватки [9] та сироваткових концентратів [10], соєвих ізолятів і рослинних білків [11], сиру кисло-молочного [12], знежиреного козиного молока [13], концентрованого молочного білка тощо [14].

Одним зі шляхів підвищення вмісту харчових волокон пропонується використання овочевих (гарбузового, морквяного, томатного) [15], плодкових (яблучного, айвового тощо) [16] та ягідних [17] пюре як наповнювача до молочної сировини або як основи морозива. При цьому дослідники відзначають, що завдяки вмісту пектинових речовин та клітковини плодово-ягідні та овочеві пюре виконують у харчових системах роль вологоутримуючого та емульгуючого компоненту, а наявність легкозасвоюваних цукрів (в основному, фруктози та глюкози) дозволяють виключити або обмежити кількість цукру [18].

Вирішити завдання зниження глікемічного індексу морозива пропонується за рахунок використання цукрозамінників (стевії, лактули, сорбіту, аспартаму) та фруктози [19], які водночас виконують роль водозв'язувальних компонентів і сприяють покращенню

функціонально-технологічних властивостей дисперсної системи морозива [20].

Але інноваційним напрямом утворення та стабілізації дисперсних харчових систем є реалізація принципів науково-обґрунтованого використання молочної і рослинної сировини, що є носіями функціонально-технологічних компонентів, а саме, білкових речовин у складі знежиреного молока та пектинів у складі маловживаних рослинних продуктів – гарбуза, ягід кизилу, терну та обліпихи. Новий підхід до використання незадіяних природних властивостей сировини може дати можливість максимально реалізувати її функціональні властивості (піноутворювальну здатність молочного білку та стабілізуючу дію пектину ягід), що збільшить економічну ефективність технологій за рахунок зменшення застосування харчових добавок і цукру, а також підвищить харчову та біологічну цінність готової продукції.

Враховуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що технологіями молочної галузі проводиться досить інтенсивна наукова робота із пошуку нових шляхів вдосконалення рецептур і технологій морозива в напрямку створення продукції нового покоління. Перспективною сировиною для замороженої продукції з дисперсною структурою є білково-вуглеводний напівфабрикат (БВН), який є цінним джерелом есенціальних речовин. Попередні дослідження свідчать, що БВН можна використовувати у виробництві солодких страв з пінною структурою [21]. Це дає можливість прогнозувати певні функціонально-технологічні властивості напівфабрикату в заморожених дисперсних системах та доцільність використання його як основи в технологіях замороженої десертної продукції.

## 3. Мета та задачі дослідження

Метою досліджень є обґрунтування доцільності використання білково-вуглеводного напівфабрикату (БВН) в технології продукції з дисперсною структурою в якості стабілізуючої основи.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

- встановити послідовність технологічного процесу отримання системи, що складається з білково-вуглеводного згустку та ягідних пюре;
- дослідити функціонально-технологічні та структурно-механічні показники композицій БВН;
- визначити технологічні параметри виробництва БВН та дослідити їх хімічний склад.

## 4. Матеріали та методи дослідження якості збитих систем

Вміст загального азоту в рослинних зразках визначали хлорамінним методом, для перерахунку на сирий протеїн застосовували коефіцієнт 6,25. Масову частку суми розчинних цукрів в рослинних зразках визначали титрометричним методом по Бертрану. Кількість жиру визначали за масою сухого знежиреного залишку за методом Русковського. Масову частку «сирої» клітковини визначали ваговим методом після послідовного кип'ятіння в середовищі сірчаної кислоти,

гідроксиду натрію та висушування наважки. Масову частку пектинових речовин визначали фотометричним карбазольним методом по галактуронової кислоти з розділенням на розчинні та нерозчинні фракції за допомогою фотоелектроколориметра ФЭК 56М. Масову частку макро- і мікроелементів в рослинних визначали рентгенофлуоресцентним методом на спектрометрі «Spectroscan».

При дослідженні якості збитих систем використовували такі показники: піноутворююча здатність (ПУЗ), стійкість піни (СП), поверхневий натяг ( $\sigma$ ), активна кислотність (рН), відносна та ефективна в'язкість ( $\eta$ ).

Піноутворюючу здатність зразків визначали методом Лур'є. Розрахунок ПУЗ проводили за формулою:

$$\text{ПУЗ} = \frac{V_n}{V_c} \cdot 100,$$

де ПУЗ – піноутворююча здатність, %;  $V_n$  – об'єм системи після збивання,  $10^{-3}$  дм<sup>3</sup>;  $V_c$  – об'єм системи до збивання,  $10^{-3}$  дм<sup>3</sup>.

Стійкість пінової структури збитих зразків визначали за методом Лур'є. Розрахунок стійкості піни проводили за формулою:

$$\text{СП} = \frac{h_2}{h_1} \cdot 100,$$

де СП – стійкість піни, %;  $h_2$  – висота піни після вистоявання,  $10^{-3}$  м;  $h_1$  – початкова висота піни,  $10^{-3}$  м.

Дослідження реологічних параметрів зразків (ефективна в'язкість, напруга зсуву) проводили на ротаційному віскозиметрі з коаксіальними гладкими циліндрами «РЕОТЕСТ 2». При дослідженнях використовували систему циліндрів S 2 з радіальним зазором  $1,13 \cdot 10^{-3}$  м та співвідношенням радіусів 1,06. Поверхневий натяг визначали на приладі Ребіндера за тиском, що необхідний для відриву пухирця повітря від капіляра на межі розділу фаз «повітря – рідина». Активну кислотність визначали потенціометричним методом за ГОСТ 26180 – 84 на приладі «Ионметр И16–0М».

## 5. Результати досліджень технологічного процесу виробництва молочно-рослинних харчових систем з дисперсною структурою

Для обґрунтування даної технології визначено інноваційну стратегію розроблення нового виду замороженої десертної продукції.

В останні роки широкого розповсюдження набуває розроблення технологій замороженої десертної продукції на молочної основі, для утворення та стабілізації структури якої використовують пектини, крохмалі, альгірати, камеді тощо. Доцільність використання молочної сировини в технологіях збитої продукції зумовлена здатністю молочних білків утворювати піну. При цьому, молочна сировина використовується у вигляді різноманітних концентратів молочних білків. До недоліків даного виду продукції можна віднести саме використання харчових добавок, що призводить до зниження харчової та біологічної цінності готової про-

дукції. Сьогодні це частково компенсується за рахунок використання в традиційних технологіях виділених деяких біологічно-активних речовин, харчових волокон, повноцінних білків, мінеральних солей та синтезованих вітамінів. Але найбільш перспективним є розроблення технологій з використанням натуральних наповнювачів рослинного походження, що дозволяють розширити асортимент продукції, задовольнити потреби організму не тільки в есенціальних мікро- та макронутрієнтах, але й в необхідних міnorних компонентах їжі.

Як правило, в технологічному процесі виробництва молочно-рослинних харчових систем з дисперсною структурою потенціал функціональних властивостей сировинних компонентів використовується неповною мірою, що і викликає необхідність застосування додаткових факторів утворення та стабілізації структури у вигляді харчових добавок.

Переважаю, в технологіях продукції з дисперсною структурою рослинна сировина застосовується як смаковий компонент, наповнювач, джерело біологічно-активних речовин тощо. Менше застосування знайшли стабілізаційні властивості рослинної сировини, що зумовлені хімічним складом, а саме, вмістом гідроколоїдів. Розглядаючи рослинну сировину з точки зору вмісту функціонально-технологічних речовин, були відзначені маловживані ягоди південно-східної частини України – кизил та терен, які є джерелом багатьох важливих харчових речовин, в тому числі, протопектину.

На цей час ресурси даної сировини використовуються або для виготовлення обмеженого кола продуктів, хоча щорічний врожай достатній для промислової переробки. Внаслідок цього більша частка цінних речовин, що містяться в маловживаних ягодах та плодах, втрачається.

Реалізація принципів науково-обґрунтованого використання сировини, що є носіями функціонально-технологічних компонентів, наприклад, білкових речовин у складі знежиреного молока (ЗМ) та пектинів у складі маловживаних ягід, з одного боку, дає можливість максимально реалізувати функціональні властивості компонентів, що підвищує економічну ефективність технологій за рахунок зменшення застосування харчових добавок, а, з другого боку, – підвищує харчову та біологічну цінність готової продукції.

Однак, внаслідок технологічних властивостей, що притаманні ЗМ, зокрема, коагуляція та денатурація в кислому середовищі, та рослинній сировині, – висока кислотність, неоднорідність структури, залежність кольору від рН середовища, їх сумісне використання у складі рецептурних сумішей є практично неможливим. Існуючі обмеження лежать у площині денатурації та коагуляції молочних білків під дією органічних кислот рослинної сировини, порушенні структури ЗМ, зміни та нестабільності забарвлення рослинної сировини з-за підвищення рН систем.

Функціонально-технологічні речовини у складі знежиреного молока та ягід кизилу і терну знаходяться в неактивному стані, тому для реалізації функціональних властивостей компонентів молочної та рослинної сировини в процесі утворення збитої структури необхідно забезпечити їх переведення в активну форму, а на стадії стабілізації структури забезпечити

переведення з активного стану в неактивні білково-вуглеводні комплекси. Пектинові речовини ягід повинні сприяти стабілізації піни, але ефективно піноутворення можливо лише за наявності водорозчинного пектину. В ягодах, поряд з розчинним пектином, міститься значна частка неактивного протопектину, який можна перевести в активний стан за рахунок гідролізу, ефективними каталізаторами якого є водневі та гідроксильні іони. Але для запобігання зворотного комплексоутворення із системи повинні бути виведені двовалентні метали, що входять до структури протопектину. Цього можна досягти за умов проведення гідролізу при значеннях рН вище 7,0.

Використання в технологіях дисперсної продукції знежиреного молока як джерела функціонально-технологічних речовин має ряд недоліків, серед яких слід відмітити недостатню для диспергування повітря концентрацію білків. Крім цього, казеїн знаходиться у вигляді інертного казеїнаткальційфосфатного комплексу, що проявляє поверхнево-активні властивості тільки після обробки лугом у вигляді казеїната натрію. При цьому забезпечується розчинність казеїну та вивільнення із комплексу іонів кальцію, що за визначених умов можуть реагувати з розчинними пектинами з утворенням пектатів. Максимальні піноутворювальну здатність (ПУЗ) та стійкість піни (СП) мають системи з 10...16 % вмістом білка. Виходячи з цього, для активації казеїнових білків ЗМ і реалізації їх піноутворюючих властивостей перед обробкою лугом білки необхідно концентрувати.

Однак традиційні та новітні методи концентрування, виділення та технологічної обробки білків молочної сировини мають ряд недоліків – відсутність комплексного осадження білків, використання дорогих інгредієнтів коагулюючої дії, високі температури обробки, надання згустку сторонніх присмаку та запаху, отримання згустку з щільною консистенцією, що знижує його функціонально-технологічні властивості. Тому, доцільним та перспективним є розроблення модифікованого способу комплексного осадження білкових речовин ЗМ, що дозволив би підвищити ступінь осадження білкових речовин та отримати продукт з новими функціонально-технологічними, споживними властивостями.

Таким чином, метою розроблення модифікованого способу комплексного осадження білкових речовин ЗМ є отримання білкового згустку з заданими властивостями, а саме: він повинен містити сироваткові білки, мати оптимальний для піноутворення вміст сухих речовин, певні титровану та активну кислотність.

При теоретичному обґрунтуванні модифікованого способу комплексного осадження білкових речовин ЗМ ягоди були розглянуті з точки зору коагулянту білкових речовин, що пояснювали наступним чином: за рахунок кислот ягід утворюються умови для коагуляції; за участі пектинових речовин можливе утворення білково-вуглеводних комплексів; іони кальцію ягід, з'єднуючись з казеїном, утворюють фосфорно-кальцієві «містки»; білки ягід можуть виступати додатковими центрами коагуляції.

На основі отриманого білково-вуглеводного згустку та ягідних пюре після переведення їх функціональних речовин у активний стан при їх сумісному збиванні за рахунок наявності поверхнево-активного

казеїнату натрію та стабілізуючих властивостей пектину можливо отримати збиту систему з високими показниками якості. Стабільність цієї системи можна значно підвищити внаслідок комплексоутворення за певних значень рН між білками та розчинними пектинами за рахунок іонів кальцію. В результаті керованої взаємодії цих речовин утворюються пектат кальцію та білково-вуглеводні комплекси, що може значно підвищувати в'язкість та викликати драглеутворення.

Сутність послідовності технологічного процесу отримання вищеприписаної системи зводиться до виконання наступних операцій:

- осадження білкових речовин знежиреного молока за рахунок власних кислот ягідних пюре;
- переведення білкових речовин білково-вуглеводного згустку в розчинний стан;
- переведення пектинових речовин ягідних пюре в розчинний стан;
- змішування модифікованих продуктів-носіїв функціонально-технологічних речовин за температур, при яких не відбувається їх хімічна взаємодія.

Використання напівфабрикату в технологіях продукції з дисперсною структурою можливо за умов дотримання ряду операцій:

- темперування напівфабрикату до температури вище точки драглеутворення;
- насичення напівфабрикату газом шляхом збивання або аерації;
- додавання на заключній стадії збивання або аерації кислото регулятора рН для створення оптимальних умов взаємодії білкових та пектинових речовин;
- охолодження та заморожування готової продукції до температури зберігання.

Таким чином, можна констатувати, що сумісне використання модифікованої молочної та рослинної сировини, за умов науково-обґрунтованого ведення технологічного процесу, здатне надавати системі нових властивостей піноутворюючого та стабілізуючого характеру, відмінних від простого змішування сировини.

Вищевикладені положення є основою інноваційної стратегії розроблення замороженої десертної продукції з дисперсною структурою на основі нежирної молочної та рослинної сировини.

В результаті проведення згідно до інноваційної стратегії експериментальних досліджень отримано дані, що дозволили обґрунтувати технологічні параметри процесу отримання замороженої десертної продукції на основі нежирної молочної та рослинної сировини.

Визначено хімічний склад ягід кизилу та терну, що містять 1,20 % та 1,01 % пектинових речовин, в тому числі водорозчинних – 0,68 % та 0,53 % відповідно.

В технологіях ЗДП раціональним є застосування ягідної сировини у вигляді пюре, тому, на наступному етапі, досліджували закономірності впливу гідротермічної обробки на функціонально-технологічний стан пектинових речовин пюре. Встановлено, що для отримання ягідних пюре з максимальним вмістом розчинного пектину необхідним є тристадійний процес термообробки ягідної сировини: гідротермічна обробка ягід кизилу при температурі 85...87 °С впродовж 60...80 с та ягід терну при температурі 90...92 °С впродовж 165...180 с, і наступне протирання ягід при

температурі  $80 \pm 2^\circ\text{C}$  з отриманням пюре (I стадія), термообробка пюре в присутності води при температурі  $80 \pm 2^\circ\text{C}$  впродовж 10...12 хв. (II стадія), термообробка в присутності молочної сироватки при температурі  $80 \pm 2^\circ\text{C}$  впродовж 30...35 хв. (III стадія), що забезпечує зростання частки розчинного пектину в 2,5...3,0 рази.

Згідно до інноваційної стратегії ЗМ у складі напівфабрикатів для ЗДП передбачається використовувати після осадження білкових речовин у вигляді концентрату молочних білків з підвищеними ФТВ. При розробці модифікованого способу комплексного осадження білкових речовин ЗМ за рахунок власних кислот ягідних пюре було визначено технологічні режими підготовки ЗМ до осадження та режими обробки згустку: температура пастеризації ЗМ –  $91...93^\circ\text{C}$  впродовж 10 хв., наступне охолодження ЗМ до  $80...82^\circ\text{C}$ , внесення в ЗМ пюре кизилу або терну з температурою  $80...82^\circ\text{C}$ , коагуляція, охолодження до температури  $12...14^\circ\text{C}$ , відфільтровування згустку та наступне самопресування впродовж 20...30 хв.

Досліджували вплив масової частки внесеного пюре (рис. 1), температури (рис. 2) та тривалості коагуляції (рис. 3) на ступінь комплексного осадження білкових речовин ЗМ.

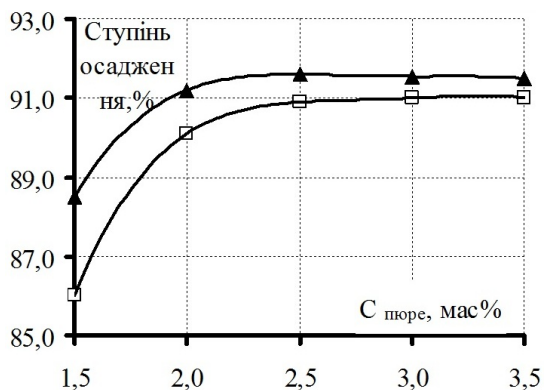


Рис. 1. Ступінь осадження білкових речовин ЗМ залежно від частки внесеного пюре, %: —▲—, —□— — композиція знежиреного молока з пюре кизилу та терну відповідно

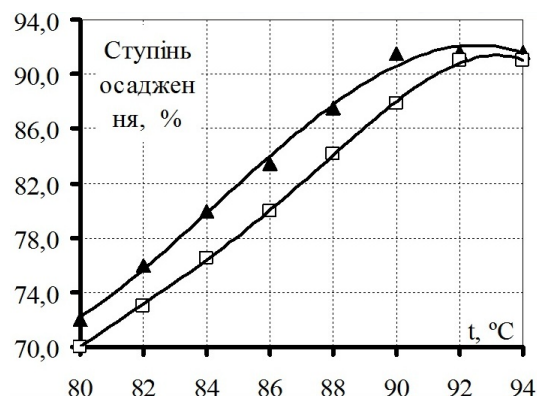


Рис. 2. Ступінь осадження білкових речовин ЗМ залежно від температури обробки, %: —▲—, —□— — композиція знежиреного молока з пюре кизилу та терну відповідно

Встановлено, що максимальне осадження білкових речовин ЗМ спостерігається при внесенні 2,5...3,5%

ягідних пюре за температури коагуляції  $90...94^\circ\text{C}$  та тривалості коагуляції 10...15 хв.

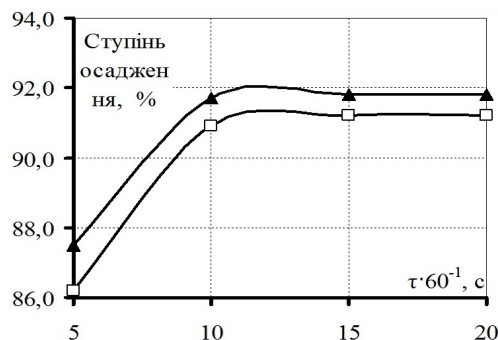


Рис. 3. Ступінь осадження білкових речовин ЗМ залежно від тривалості коагуляції при температурі  $92 \pm 1^\circ\text{C}$ , %: —▲—, —□— — композиція знежиреного молока з пюре кизилу та терну відповідно

Підвищення температури осадження з  $80^\circ\text{C}$  до  $94^\circ\text{C}$  призводить до зменшення вологості згустків з 80,1 % та 79,5 % до 68,3 % та 67,14 % для композицій з пюре кизилу та терну відповідно. Ефективна в'язкість згустків ( $\epsilon=1,8 \text{ c}^{-1}$ ), отриманих при температурі осадження  $92^\circ\text{C}$ , становить 118,0...119,8 Па·с, а отриманих при температурі осадження  $94^\circ\text{C}$ , внаслідок зменшення білково-вуглеводної взаємодії через денатурацію білкових речовин, зменшується до 102,6...101,9 Па·с (рис. 4, 5).

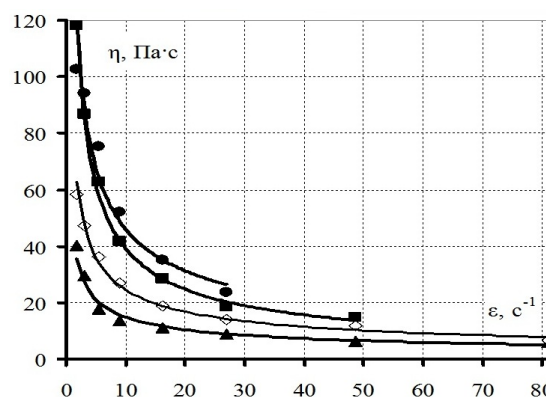


Рис. 4. Залежність ефективної в'язкості (η) від швидкості зсуву (ε) композиції ЗМ з пюре кизилу: —▲— за температури осадження  $80^\circ\text{C}$ ; —■— за температури  $92^\circ\text{C}$ ; —●— за температури  $94^\circ\text{C}$ ; —◇— контроль (нежирний кисломолочний сир з вологістю 70,0 %)

Досліджували структурно-механічні властивості згустків, що отримані за оптимальних параметрів. Встановлено, що максимальна ефективна в'язкість згустків ( $\epsilon=1,8 \text{ c}^{-1}$ ) за рахунок пектинових речовин та стабілізуючої дії білково-вуглеводних комплексів підвищується, порівняно з контролем (нежирний кисломолочний сир), в 2,62 та 2,66 рази для згустків з кизилімовим та терновим пюре.

Поряд зі зростанням в'язкості в зразках спостерігається підвищення міцності. Так, початкова напруження  $R_0$ , що визначає зусилля, за якого система гранично руйнується, та напруження зсуву на ділянці повзучості  $R_1$ , що визначає зусилля, за якого система

починає руйнуватися, у згустків в 2,53...2,63 рази вищі, ніж у контролі.

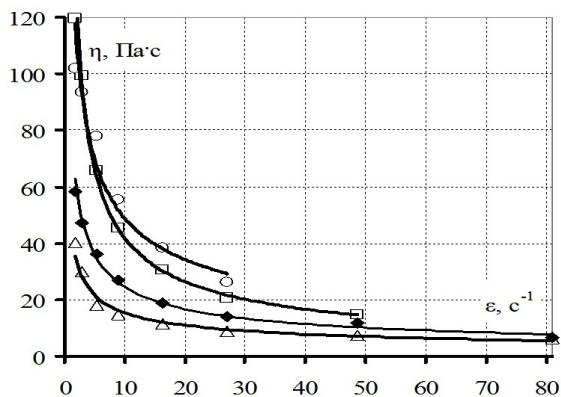


Рис. 5. Залежність ефективного в'язкості ( $\eta$ ) від швидкості зсуву ( $\epsilon$ ) композицій ЗМ з пюре терну (Б):  $\Delta$  — за температури осадження 80 °C;  $\square$  — за температури 92 °C;  $\circ$  — за температури 94 °C;  $\blacklozenge$  — контроль (нежирний кисломолочний сир з вологістю 70,0 %)

З метою підвищення ФТВ білково-вуглеводних згустків (БВЗ) досліджували вплив лужного регулятора рН на ступінь розчинності казеїнаткальцій-фосфатного комплексу (ККФК) згустків. Критерієм процесу декальціонування ККФК та накопичення водорозчинних білкових речовин визначено величину поверхневого натягу. Для цього згусток з певною концентрацією фосфату піддавали термообробці, потім центрифугували, відбирали надосадовий розчин та визначали його поверхневий натяг. При цьому максимальне накопичення поверхнево-активних речовин шляхом переведення білкових речовин БВЗ в розчинний стан досягається при термічній обробці згустку з додаванням 0,90 % суміші фосфатів «Біофос 90» при температурі 80±2 °C впродовж 10...12 хв.

На наступному етапі визначали раціональне співвідношення БВЗ та ягідних пюре, для чого досліджували ПУЗ і СП систем. Для запобігання незворотних реакцій утворення пектату кальцію та білково-вуглеводних комплексів, змішування складових проводили при температурах не вище 70 °C, за яких не відбувається їх хімічна взаємодія. Композиції нагрівали до температури 80...82 °C, охолоджували та збивали.

Аналізуючи отримані дані, можна констатувати, що для композицій «БВЗ – кизиллове пюре» та «БВЗ – тернове пюре» максимальні значення ПУЗ та СП спостерігаються в композиціях із вмістом модифікованого ягідного пюре 15...20 %. За таких концентрацій пюре відбувається зниження рН на 0,56...0,61 од., що викликає підвищення поверхневого натягу на 1,20·10<sup>-3</sup> Н/м та 1,40·10<sup>-3</sup> Н/м (для композицій з пюре кизилу та терну відповідно). При цьому забезпечується максимальна реалізація поверхневих властивостей молочних білків, що відбивається у збільшенні ПУЗ відповідно на 57,2 % та 56,1 %.

Вивчено вплив цукру на функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості композицій БВЗ з оптимальним вмістом пюре (рис. 6, 7).

Встановлено, що в'язкість ( $\epsilon=1,8 \text{ с}^{-1}$ ) композицій БВЗ з пюре кизилу та терну при додаванні цукру до 15 % зростає на 18,39 % та 20,27 % відповідно. Подаль-

ше збільшення вмісту цукру призводить до синерезису з видимим виділенням рідини та зниження структурно-механічних властивостей композицій. Так, за вмісту цукру 20 % в'язкість знижується на 7,14 % та 3,92 % відповідно.

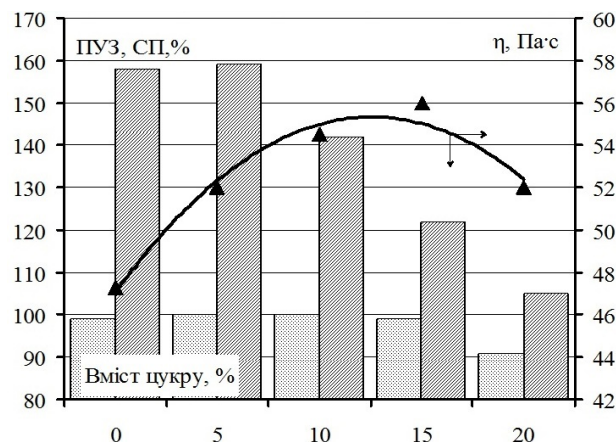


Рис. 6. Вплив вмісту цукру на функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості композицій кизилового БВЗ з пюре кизилу:  $\square$  — піноутворювальна здатність;  $\boxtimes$  — стійкість піни;  $\blacktriangle$  — ефективна в'язкість

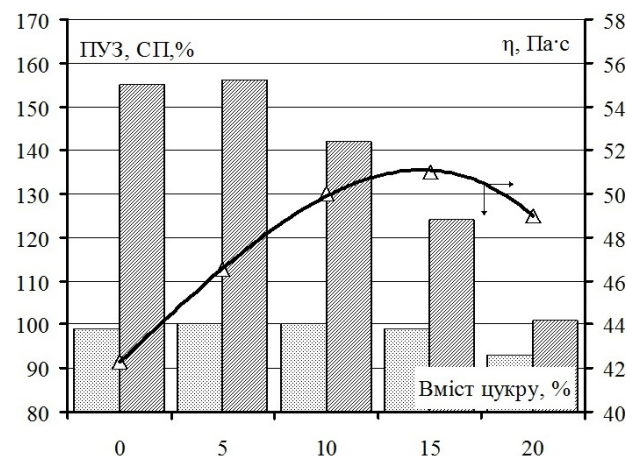


Рис. 7. Вплив вмісту цукру на функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості композицій кизилового тернового БВЗ з пюре терну:  $\square$  — піноутворювальна здатність;  $\boxtimes$  — стійкість піни;  $\blacktriangle$  — ефективна в'язкість

Піноутворювальна здатність (ПУЗ) композицій БВЗ з пюре кизилу та терну при додаванні цукру в кількості 5...20 % зменшується на 33,54 % та 34,84 % відповідно. Одночасно, при вмісті цукру до 15 % композиції відзначаються високою стійкістю. В результаті оптимізації вмісту цукру методом сполучених градієнтів та проведених органолептичних досліджень, раціональним вмістом цукру в композиції кизилового БВЗ з пюре кизилу є 7,5...8,0 %, в композиції тернового БВЗ з пюре терну – 7,8...8,0 %.

Таким чином, визначено та оптимізовано вміст у напівфабрикатах основних інгредієнтів, серед яких БВЗ, ягідне пюре та цукор. Розроблені напівфабрикати за рахунок наявності у складі БВЗ поверхнево-активного казеїнату натрію, пектинових речовин у складі ягідних пюре та при умові їх взаємодії з утворенням пектату кальцію та білково-вуглеводних комп-

лексів можуть бути використані як напівфабрикати для ЗДП без застосування піно- та структуроутворювальних харчових добавок.

Використання напівфабрикату в технологіях ЗДП можливо за умови дотримання ряду операцій: температуру напівфабрикату до температури 80...82 °С для активування білково-вуглеводного комплексоутворення; збивання при температурі 25...30 °С; додавання на заключній стадії збивання кислого регулятора рН для створення оптимальних умов взаємодії білкових та пектинових речовин; охолодження готової продукції до температури споживання.

На основі отриманих експериментальних даних та у відповідності до інноваційної стратегії визначено технологічні параметри виробництва БВН, розроблено рецептурний склад трьох видів БВН та досліджено їх хімічний склад (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика хімічного складу напівфабрикатів,  
( $\alpha \leq 0,05$ )

Найменування показника	Масова частка, %			
	Контроль	Білково-вуглеводний напівфабрикат		
		Кизилловий	Терновий	Кизиллово-терновий
Сухі речовини	30,00	29,54	30,62	30,15
Протеїни	16,22	10,05	10,20	10,12
Жири	0,54	0,89	1,82	1,26
Вуглеводи	1,62	16,57	17,01	16,91
Зола	1,08	1,84	1,22	1,65
Енергетична цінність, ккал	76,14	114,49	125,22	119,46

Як свідчать дані табл. 1, розроблені БВН, порівняно з контролем (нежирний кисломолочний сир), мають менший вміст білкових речовин, що пов'язано з присутністю в БВН до 20 % рослинної складової, яка збагачує їх вуглеводами. БВН містять в 10,2...10,5 рази більше вуглеводів та в 1,6...3,4 рази більше жиру, ніж контроль.

В напівфабрикатах ідентифіковано та кількісно визначено 18 амінокислот (АК), в тому числі всі незамінні. Сумарний вміст незамінних АК становить 45,59 % для кизиллового БВН, 43,25 % для тернового БВН та 44,53 % для кизиллово-тернового БВН, що на 0,38...2,79 % вище ніж у контроль.

Встановлено, що білок БВН не містить лімітуючих амінокислот, має добру збалансованість за «триптофановим» та «треоніновим» індексами. Скор лімітуючого для контролю метіоніну в БВН має значення 129...134 %. Дослідження ступеня протеолізу білків напівфабрикатів ферментами свідчать, що білки БВН за рахунок вуглеводної складової характеризуються високим ступенем протеолізу пепсином та трипсином.

За вмістом більшості мінеральних речовин та вітамінів розроблені напівфабрикати значно перевершують контроль. Співвідношення Са:Р:Мg для БВН складає 1:(1,16...1,18):(0,61...0,63), що наближено до формули збалансованого харчування. Встановлено, що

мікробіологічні показники БВН та вміст токсичних елементів відповідають вимогам чинної нормативної документації.

На основі дослідження зміни мікробіологічних показників у часі обґрунтовано режими та терміни зберігання БВН: температура –  $4 \pm 2$  °С; тривалість – не більше 72 год.

Дослідження динаміки зміни функціонально-технологічних та структурно-механічних властивостей БВН при зберіганні за температури  $4 \pm 2$  °С впродовж 72 год. показали зростання на 45...50 % ефективної в'язкості, що призводить до зниження ПУЗ на 7,1...8,1 %, а стійкості піни (СП) – на 3,9...4,7 %. Також при зберіганні за рахунок білково-вуглеводного комплексоутворення відбувається укріплення структури, при цьому початкова напруга зсуву  $R_0$  зростає на 8,3 %, а напруга зсуву на ділянці повзучості  $R_1$  – на 30,7 %. Встановлено, що БВН при зберіганні здатні до тиксотропного відновлення, так, площа петлі гістерезису через 72 год. зберігання зменшується на 11,2 %.

Враховуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що функціонально-технологічні властивості БВН дозволяють використовувати його у технологіях збитої десертної продукції. Вважаємо також перспективним напрямком використання БВН у технологіях замороженої десертної продукції (джелато, сорбетів тощо). З метою урахування сучасних підходів до створення харчових продуктів поставлено за мету створення технології замороженого десерту із низьким вмістом цукру, для чого як підсолоджуючий компонент використовуємо фруктозу, яка, як відомо, відрізняється більш високою солодкістю та не перевантажує підшлункову залозу завдяки невисокій глікемічності.

Досліджуваний БВН за структурою нагадує кисломолочний сир, тому на його основі можна виготовляти збиті та аеровані десерти, проте, в технології заморожених десертів необхідним є додавання рідкого компоненту, наприклад, вершків або овочевих чи плодкових пюре. Основною вимогою до вибору сировини для пюре є наявність достатньої кількості пектинових речовин, які при збиванні із БВН зможуть утворювати стійку піноподібну структуру замороженого десерту. З цієї точки зору доцільним є додавання пюре на основі гарбуза і обліпихи, отримане за новою технологією із використанням ферментних препаратів [22], яка дозволяє отримати пюре із підвищеним вмістом пектину. Окрім пектинових речовин, це пюре є цінним джерелом каротиноїдів та клітковини.

На підставі комплексу проведених досліджень найбільш раціональною слід вважати рецептуру розробленого замороженого десерту на основі БВН із вмістом фруктози 4,5 %, стабілізаційної системи «Кремодан SE406» 0,2...0,3 % та гарбузово-обліпихового пюре 30...32 %.

Як контроль використовували відому рецептуру м'якого морозива [23]. Результати таблиці 2 свідчать, що розроблений молочно-рослинний заморожений десерт має вищу здатність до збивання (на 12,9 %), і стійкість піни (на 20,1 %); ступінь дисперсності жирової фази менша на 14,5 %, що пояснюється низьким вмістом жиру у дослідному зразку (у 3,8 рази).

Проведені дослідження підтверджують доцільність використання БВН у технологіях замороженої десертної продукції, як з точки зору технологічності,

так і харчової цінності. Розроблена технологія є маловідходною, ресурсозберігаючою та нескладною у виконанні. Позитивним також є те, що основні сировинні інгредієнти розробленої технології мають місце вітчизняне походження. При цьому, внаслідок особливостей переробки незбираного молока, ресурс ЗМ є невичерпним, а ресурс врожаю кизилу, терну, обліпихи та гарбуза на сьогодні майже не використовується.

Таблиця 2

Функціонально-технологічні показники молочно-рослинної суміші для замороженого десерту

Показники	Контроль	Молочно-рослинна суміш для замороженого десерту
Здатність до збивання, %	62±1,5	70±1,8
Здатність утворювати стійкі піни, %	67±1,5	81±2,0
Ступінь дисперсності жирової фази, мкм	110±2,8	96±2,3

### 6. Обговорення результатів дослідження використання БВН в технології продукції з дисперсною структурою

В роботі запропоновано використання білкових речовин у складі знежиреного молока та пектинів у складі маловживаних ягід (кизилу та терену).

На основі отриманого білково-вуглеводного згустку та ягідних пюре після переведення їх функціональних речовин у активний стан при їх сумісному збиванні, за рахунок наявності поверхнево-активного казеїнату натрію та стабілізуючих властивостей пектину, отримано збітиту систему з високими показниками якості. Стабільність цієї системи можна значно підвищити внаслідок комплексоутворення за певних значень рН між білками та розчинними пектинами за рахунок іонів кальцію. В результаті керованої взаємодії цих речовин утворюються пектат кальцію та білково-вуглеводні комплекси, що в кінцевому результаті сприяє підвищенню в'язкості та викликає драглеутворення.

Використання БВН в технологіях ЗДП можливо за умов дотримання ряду операцій: темперування напівфабрикату до температури 80...82 °С для активування білково-вуглеводного комплексоутворення; збивання при температурі 25...30 °С; додавання на заключній стадії збивання кислого регулятора рН для створення оптимальних умов взаємодії білкових та пектинових речовин; охолодження готової продукції до температури споживання.

На основі отриманих експериментальних даних та у відповідності до інноваційної стратегії визначено

технологічні параметри виробництва БВН, розроблено рецептурний склад трьох видів БВН та досліджено їх хімічний склад.

На підставі комплексу проведених досліджень розроблено рецептуру замороженого десерту на основі БВН з низьким вмістом високоглікемічних цукрів за рахунок овочево-ягідного пюре та фруктози. Предметом подальших досліджень є визначення його глікемічного індексу.

### 7. Висновки

1. На основі отриманого білково-вуглеводного згустку та ягідних пюре після переведення їх функціональних речовин у активний стан при їх сумісному збиванні за рахунок наявності поверхнево-активного казеїнату натрію та стабілізуючих властивостей пектину отримано стабільну збітиту дисперсну систему.

2. Доведено, що максимальне осадження білкових речовин ЗМ спостерігається при внесенні 2,5...3,5 % ягідних пюре за температури коагуляції 90...94 °С та тривалості коагуляції 10...15 хв.

3. Встановлено, що максимальна ефективна в'язкість згустків ( $\epsilon=1,8 \text{ c}^{-1}$ ) за рахунок пектинових речовин та стабілізуючої дії білково-вуглеводних комплексів підвищується порівняно з контролем в 2,62 та 2,66 рази для згустків з кизилівим та терновим пюре. Поряд зі зростанням в'язкості в зразках спостерігається підвищення міцності. Так, початкова напруга зсуву у досліджуваних згустках в 2,53...2,63 рази вище, ніж у контрольного зразка.

4. Досліджено, що в'язкість ( $\epsilon=1,8 \text{ c}^{-1}$ ) композицій БВЗ з пюре кизилу та терну при додаванні цукру до 15 % зростає на 18,39 % та 20,27 % відповідно. Подальше збільшення вмісту цукру призводить до синерезису з видимим виділенням рідини та зниження структурно-механічних властивостей композицій.

5. На основі отриманих експериментальних даних та відповідно до інноваційної стратегії визначено технологічні параметри виробництва БВН, розроблено рецептурний склад трьох видів БВН та досліджено їх хімічний склад. Розроблені БВН, порівняно з контролем (нежирний кисломолочний сир), містять в 10,2...10,5 рази більше вуглеводів та в 1,6...3,4 рази більше жиру, ніж контроль. Також встановлено, що білок БВН не містить лімітуючих амінокислот і збалансований за «триптофановим» та «треоніновим» індексами.

Таким чином, розроблені БВН доцільно використовувати як основу для заморожених десертів. Перспективою подальших досліджень є розробка асортименту заморожених десертів на основі БВН та плодово-овочевих та ягідних пюре зі зниженим вмістом цукру.

### Література

1. Kilara, A. Frozen dairy products [Text] / A. Kilara, R. Chandan // Milk and Dairy Products in Human Nutrition, Wiley-Blackwell Publishers. – 2013. – P. 435–457. doi: 10.1002/9781118534168.ch20
2. Полумбрик, М. О. Харчові продукти з низьким глікемічним індексом у дієтотерапії хворих на ожиріння [Текст] / М. О. Полумбрик // Практикующому ендокринологу. – 2008. – № 5 (17). – С. 15–19.
3. Евдокимов, И. А. Медико-технологические аспекты использования заменителей сахара в молочных продуктах [Текст]: сб. науч. тр. / И. А. Евдокимов // Сев.-Кавк. гос. техн. ун-та. Серия «Продовольствие». – 2006. – № 2. – С. 85–88.



4. Alizadeh, M. Impact of using stevia on physicochemical, sensory, rheology and glycemic index of soft ice cream [Text] / M. Alizadeh, M. Azizi-Lalabadi, S. Kheirouri // Food and Nutrition Sciences. – 2014. – Vol. 5, Issue 4. – P. 390–396. doi: 10.4236/fns.2014.54047
5. Soukoulis, C. Enrichment of ice cream with dietary fiber: effects on rheological properties, ice crystallization and glass transition phenomena [Text] / C. Soukoulis, D. Lebesi, C. Tzia // Food Chemistry. – 2009. – Vol. 115, Issue 2. – P. 665–671. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.12.070
6. Low carbohydrate, high protein, fiber enriched gelato formulation and method of manufacture: Pat. WO 2011069224 A1, МПК А 23 G 9/32 [Text] / Carella L., Salvaggio P., Salvaggio E., Salvaggio V. – № PCT/CA 2009/001782; stated 07.12.2009; published 16.06.2011. – 7 p.
7. Production of enriched products: Pat. WO 2013/036726 A1, МПК С 07 D 311/00 [Text] / Raskin L., Gradiose R. – № US 2012/054096; stated 07.09.2012; published 03.12.2013. – 5 p.
8. Akbari, M. The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream [Text] / M. Akbari, M. H. Eskandari, M. Niakosari, A. Bedeltavana // International Dairy Journal. – 2016. – Vol. 57. – P. 52–55. doi: 10.1016/j.idairyj.2016.02.040
9. Слащева, А. В. Розробка технології функціонального напівфабрикату з лактулозою для м'якого морозива та солодких страв [Текст] / А. В. Слащева // Науковий журнал «Вісник ДонНУЕТ». Серія: Технічні науки. – 2008. – № 1(37). – С. 53–57.
10. Frozen dessert mixes using protein products: Pat. WO 2014008580 A1, МПК А 23 G 9/42 [Text] / Medina S., Segall K. I. – the applicant and patent holder Burcon Nutrascience (Mb) Corp . – № PCT/CA 2013/000626; stated 08.07.2013; published 16.01.2014. – 6 p.
11. Морозиво, збагачене соєю і чорницею: Пат. UA 104954 C2, МПК А23 G 9/04 (2006.01), МПК А23 G 9/42 (2006.01) [Текст] / Грек О. В., Осьмак Т. Г., Туркова Т. М., Туркова Г. М. – заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій (Україна). – № a201213583; заявл. 27.11.2012; опубл. 25.03.2014, Бюл. № 6. – 3 с.
12. Скорченко, Т. А. Сир кисломолочний – компонент діабетичних видів морозива [Текст] / Т. А. Скорченко, Т. Г. Федченко // Молочное дело. – 2006. – № 2. – С. 48–49.
13. McGhee, C. E. Evaluation of total fatty acid profiles of two types of low-fat goat milk ice creams [Text] / C. E. McGhee, B. P. Gupta, Y. W. Park // Open Journal of Animal Sciences. – 2015. – Vol. 5, Issue 1. – P. 21–29. doi: 10.4236/ojas.2015.51003
14. Daw, E. Fat destabilization and melt-down of ice creams with increased protein content [Text] / E. Daw, R.W. Hartel // International Dairy Journal. – 2015. – Vol. 43. – P. 33–41. doi: 10.1016/j.idairyj.2014.12.001
15. Морозиво «Сонячне»: Пат. UA 87387 U, МПК А23 G 9/32 (2006.01) [Текст] / Павлова В. А., Гончар Л. А., Холодова О. Ю. – № a201308932; заявл. 04.07.2013; опубл. 10.02.2014, Бюл. № 3. – 5 с.
16. Морозиво «Маулея»: Пат. UA 96136 C2, МПК А23 G 9/42 (2006.01) [Текст] / Дітріх І. В., Молоканова Л. В., Яриш Ю. В. – заявник та патентовласник Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (Україна). – № a200805670; заявл. 30.04.2008; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 19. – 3 с.
17. Морозиво «Бразильєро»: Пат. UA 87825 U, МПК А23 G 9/42 (2006.01), МПК А23 L 1/221 (2006.01) [Текст] / Ракша-Слюсарєва О. А., Глухов О. З., Цимбал Г. О., Кустова О. К. та ін. – заявник та патентовласник Ракша-Слюсарєва О. А. – № a201308811; заявл. 15.07.2013; опубл. 25.02.2014, Бюл. № 4. – 3 с.
18. Пат. 86292 «Склад морозива «Карамбола» [Текст] / Ємець А. М., Магюшекно Р. В. – заявник і патентовласник Національний університет харчових технологій. №260443342; заявл. 11.05.13; опубл. 25.12.13, Бюл. № 6.
19. Морозиво «Оздоровче»: Пат. UA 108693 C2, МПК А23 G 9/32 (2006.01) [Текст] / Бажай-Жежерун С. А. – заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій (Україна). – № a201312600; заявл. 28.10.2013; опубл. 25.05.2015, Бюл. № 10. – 2 с.
20. Осьмак, Т. Г. Розроблення технології морозива з цукрозамінниками [Текст]: автореф. ... дис канд. тех. наук / Т. Г. Осьмак. – Національний університет харчових технологій, 2012. – 18 с.
21. Никифоров, Р. П. Обґрунтування та дослідження умов отримання білково-вуглеводного напівфабрикату на основі білків знежиреного молока та дикорослих ягід для збитих десертних страв [Текст] / Р. П. Никифоров // Вісник ДонНУЕТ. Серія: Технічні науки. – 2009. – № 1 (41). – С. 244–249.
22. Гнізевич, В. А. Обґрунтування можливості використання ферментних препаратів у технологіях рослинних напівфабрикатів з підвищеним вмістом пектинових речовин [Текст] / В. А. Гнізевич, А. В. Слащева, М. В. Іващенко // Вісник ДонНУЕТ. Серія: Технічні науки. – 2014. – № 1 (58). – С. 37–45.
23. Пат. 2204261 Россия, МПК А 23 G 9/04. Способ приготовления мороженого мягкого [Текст] / Жукова Л. П., Канунникова Н. Е. – № 200119687/13; заявл. 24.07.2000; опубл. 20.05.2003; Бюл. № 6. – 5 с.