

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

БАСС ОКСАНА ОЛЕКСАНДРІВНА



УДК 663.674:664.134

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МОРОЗИВА ІЗ ЗАМІННИКАМИ
ЦУКРУ**

05.18.04 – технологія м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідробіонтів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі технології молока і молочних продуктів Національного університету харчових технологій Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Поліщук Галина Євгеніївна
Національний університет харчових технологій
Міністерства освіти і науки України, завідувача кафедри технології молока і молочних продуктів

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Ткаченко Наталія Андріївна
Одеська національна академія харчових технологій
Міністерства освіти і науки України, завідувача кафедри технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Рудакова Тетяна Василівна
Інститут продовольчих ресурсів
Національної академії аграрних наук України,
старший науковий співробітник відділу молочних продуктів та продуктів дитячого харчування

Захист відбудеться «4» грудня 2019 р. о 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.03 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, корпус А, аудиторія 311.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий «2» листопада 2019 р.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради  Н.М. Ющенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Харчова промисловість в Україні і світі розвивається шляхом розробки та впровадження технологій, які враховують принципи ресурсозаощадження та інтенсифікації технологічних процесів. Зокрема, за останні десятиліття у сфері виробництва морозива реалізовані численні технічні та технологічні інноваційні рішення з метою підвищення конкурентоспроможності готової продукції.

Удосконаленню складу і технології морозива присвячено наукові праці багатьох вчених – Т.П. Арсеньєвої, Ю.А. Оленєва, Г.Є. Поліщук, А.В. Творогової, Т.Є. Шарахматової, S. Adapa, C. Clarke, H.D. Goff, R.W. Hartel та ін. Результати їх наукових досліджень, в основному, присвячено розширенню асортименту морозива за рахунок застосування принципово нових за складом і походженням функціонально-технологічних інгредієнтів. У той же час, більшість замінників цукру є хімічно синтезованими сполуками (аспартам, цикламат, сахарин та ін.). Натомість, деякі натуральні підсолоджувачі надають морозиву специфічного, не притаманного цьому продукту присмаку (коріння солодки, листя стевії та ін.). Зокрема, в кондитерській промисловості широко застосовують продукти кислотного гідролізу кукурудзяного крохмалю – патоку різного ступеню оцукрювання, а також багатоатомні спирти, яким властивий широкий спектр органолептичних і фізико-хімічних властивостей, у першу чергу за ступенем солодкості, кріопротекторною та вологозв'язувальною здатністю. Тому, повна заміна цукру та часткова заміна сухого знежиреного молочного залишку у складі морозива на крохмальну патоку та багатоатомні спирти, які широко представлені на внутрішньому ринку, сприятиме не тільки покращенню структури харчування споживачів за рахунок нижчої калорійності та підвищеної якості замороженого десерту, але й частковому зниженню дефіциту молочної сировини.

У сучасних технологіях патоку крохмальну застосовують лише для часткової (до 20–25 %) заміни цукру у морозиві на основі цукрових сиропів (плодово-ягідного та ароматичного), а у складі морозива на молочній основі (молочного, вершкового, плombsіру) з поліолів використовують лише ксиліт і сорбіт. У той же час, можливість часткової заміни СЗМЗ на сухі речовини патоки крохмальної не досліджувалася. Основною проблемою, що існує у разі часткової або повної заміни цукру у складі морозива на інші підсолоджувачі, є необхідність дотримання певного балансу між ступенем солодкості, вмістом сухих речовин, а також структуруюючою та кріопротекторною здатностями окремих рецептурних складових. Зазвичай, замінники цукру є специфічними за сукупністю окремих характеристик, тому доцільним є створення технологічно ефективних комплексних сумішей цих сполук. Для їх практичного застосування необхідно розроблювати відповідні рекомендації з метою досягнення максимального технологічного ефекту та покращення якісних показників морозива, у тому числі в процесі зберігання. Тому, розробка рецептурного складу нових видів морозива різних груп з технологічно ефективними замінниками цукру та удосконалення технологічних схем його виробництва є актуальним завданням наукового дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана у 2014-2019 рр. в Національному університеті харчових технологій у межах двох держбюджетних тем: «Розроблення ресурсозберігаючих технологій молочних продуктів профілактичної дії» (реєстраційний номер 0112U005376) та «Розробка фізико-хімічних основ формування показників якості молочних і молоковісних продуктів з натуральними компонентами» (реєстраційний номер 0117U004398), а також госпдоговірної теми «Розробка нових рецептур м'якого морозива» (№ 417/7 від 25.07.2017 р.).

Мета і завдання дослідження. *Метою* роботи є удосконалення технології морозива із заміниками цукру шляхом застосування функціонально-технологічних підсолоджувачів – поліолів, патонок крохмальних різного ступеню оцукрювання та їх композицій.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі *завдання*:

- обґрунтувати вибір заміників цукру для застосування у складі морозива;
- дослідити вплив цукрозамінників на ступінь солодкості, кріоскопічну температуру та реологічні характеристики сумішей морозива різного хімічного складу;
- виявити можливість поєднання функціонально-технологічних властивостей окремих заміників цукру у складі високоефективних комплексів;
- на основі аналізу показників якості морозива із заміниками цукру та їх комплексами розробити рецептури морозива з повною заміною цукру та частковою заміною СЗМЗ;
- обґрунтувати технологічні режими одержання нових видів морозива із заміниками цукру, розробити принципову технологічну та апаратурно-технологічну схеми їх виробництва;
- дослідити показники якості нових видів морозива, у тому числі впродовж зберігання;
- розробити нормативну документацію на нові види морозива, провести промислову апробацію, розрахувати очікувану економічну ефективність удосконаленої технології

Об'єкт дослідження – технологія морозива із заміниками цукру.

Предмет дослідження – патоки різного ступеня оцукрювання, поліоли, модельні системи, суміші та морозиво класичних і нових видів, їх органолептичні та фізико-хімічні показники якості, технологічні процеси виробництва морозива.

Методи дослідження. В роботі використано аналітичні та експериментальні методи досліджень органолептичних, фізико-хімічних (кріоскопічна температура, активна і титрована кислотність, температура сумішей, збитість, опір таненню, дисперсність повітряної фази морозива) та реологічних (ефективна в'язкість, тиксотропна та реопексна здатність сумішей) характеристик, а також математичні та математично-статистичні методи досліджень (статистична обробка отриманих експериментальних результатів, оптимізація технологічних процесів та моделювання).

Наукова новизна отриманих результатів. У результаті проведених досліджень виявлено поліфункціональні технологічні властивості глюкозно-фруктозного сиропу, патоки карамельної та еритритолу у складі сумішей для виробництва морозива на молочній основі та на основі цукрових сиропів як підсолоджувачів, кріопротекторів, загущувачів і стабілізаторів структури.

Вперше встановлено, що суміші морозива з патокою високого (ГФС) і середнього (ІГ-42) ступеня оцукрювання виявляють тиксотропну здатність, а суміші морозива з патокою низькооцукреною (ПК) є харчовими системами зі слабкими реопексними властивостями.

Вперше науково обґрунтовано заміну до 30 % сухого знежиреного молочного залишку на сухі речовини композиції паток крохмальних у сумішах, що дозволяє за рахунок синергетичного ефекту складових формувати характерну для морозива структуру та покращити його органолептичні показники, опір таненню і здатність до зберігання.

Вперше одержано математичні залежності, що дозволяють розраховувати оптимальні діапазони вмісту паток у морозиві різного хімічного складу, залежно від значень їх декстрозного еквіваленту.

Практичне значення отриманих результатів. До результатів, що мають найбільше практичне значення, належать такі:

- науково обґрунтовано композиційний склад функціонально-технологічних комплексів замінників цукру, які дозволяють цілеспрямовано регулювати кріоскопічну температуру, ступінь солодкості, ефективну в'язкість і тиксотропну здатність сумішей;

- встановлено рекомендований вміст замінників цукру та їх композицій у складі сумішей для морозива різних видів, що забезпечують отримання продукту з високими показниками якості уточнено технологічні режими виробництва морозива із замінниками цукру;

- розроблено рецептури нових видів морозива та запропоновано апаратурно-технологічні схеми їх виробництва;

- удосконалено технологію морозива молочного, вершкового, пломбіру, ароматичного, плодово-ягідного та морозива з комбінованим складом сировини із замінниками цукру;

- розроблено 2 нормативні документації на морозиво із замінниками цукру ТУ У 10.5-02070938270:2018 «Морозиво із замінниками цукру» та ТУ У 10.5-02070938269:2018 «Морозиво з комбінованим складом сировини із замінниками цукру».

Нові технологічні рішення апробовано на ТОВ "Альфа" (м. Київ, 2017 р.).

Результати досліджень впроваджено у навчальний процес та наукову роботу кафедри технології молока і молочних продуктів Національного університету харчових технологій (м. Київ).

Особистий внесок здобувача. Підбір та аналіз літературних даних, планування та експериментальні дослідження за темою дисертаційної роботи, проведення статистичного оброблення й теоретичного обґрунтування отриманих результатів, їх опис та інтерпретацію, підготовку матеріалів досліджень до опублікування, розроблення нормативної документації,

оформлення матеріалів для одержання патентів, промислову апробацію здійснено дисертантом особисто за методичної і наукової підтримки доктора технічних наук, професора Поліщук Г. Є.

Аналіз реологічних властивостей сумішей морозива із заміниками цукру проведено спільно з к.х.н., ст.н.с. Інституту хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАНУ О.В. Гончарук, вимірювання кріоскопічної температури – разом з к.т.н., доц. М.М. Масліковим. Математичне опрацювання результатів та створення математичних моделей проведено спільно із асистентом кафедри інформатики НУХТ Бреус Н.М. Обговорення, аналіз та узагальнення результатів досліджень проведено з науковим керівником д.т.н., проф. Г.Є. Поліщук.

Експериментальну частину роботи виконано у лабораторіях кафедр технології молока і молочних продуктів, промислової теплоенергетики і холодильної техніки, процесів і апаратів, проблемної науково-дослідної лабораторії НУХТ, а також у лабораторіях відділу аморфних і структурно впорядкованих оксидів Інституту хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАНУ.

Особистий внесок дисертанта підтверджується представленими документами і науковими публікаціями.

Апробація результатів роботи. Основні положення дисертації доповідались та обговорювались на Міжнародній науково-технічній конференції «Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей» (Київ, НУХТ 2015 р.), 81-83-й Наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів НУХТ (2015-2017 рр.), МНТК «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» та МНТК «MicroCAD-2017» (Харків, НТУ «ХПІ» 2017 р.), МНТК «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» (Київ, НУБіП 2017 р.), МНТК «Техника и технология пищевых производств» (Могильов: МГУП 2018 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 20 друкованих праць, у тому числі 5 статей: з них 1 стаття у закордонному фаховому виданні (Каунас, Литва) та 4 статті у фахових виданнях України, які входять до міжнародної наукометричної бази даних Index Copernicus; 12 тез доповідей у збірниках матеріалів всеукраїнських та міжнародних, наукових, науково-практичних і науково-технічних конференцій. За результатами досліджень одержано 3 патенти України на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 137 сторінках друкованого тексту. Робота складається зі змісту, переліку умовних позначень, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (155 найменувань на 17 сторінках) та 8 додатків (42 сторінки). Дисертацію ілюстровано 40 рисунками та 27 таблицями.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, що спрямована на удосконалення технології морозива із заміниками цукру з метою забезпечення його стабільних органолептичних та фізико-хімічних характеристик. Наведено зв'язок теми з науковими програмами. Сформульовано мету, завдання, наукову

новизну, обрано об'єкт та предмет досліджень.

У першому розділі «Сучасні тенденції розвитку технології морозива із заміниками цукру» проаналізовано особливості рецептурного складу і технології морозива із заміниками цукру, наведено функціонально-технологічні властивості цукру та його заміників у складі харчових продуктів. Доведено доцільність використання заміників цукру у складі сумішей для виробництва морозива різних видів. Проаналізовано чинники, які впливають на показники якості морозива. На основі аналітичного огляду доведено доцільність удосконалення технології морозива із заміниками цукру.

У другому розділі «Організація та методи досліджень» обґрунтовано вибір напрямку досліджень. Викладено методологічні основи та етапи виконання роботи, наведено характеристики сировини і функціонально-технологічних інгредієнтів, що використані для проведення досліджень. Експериментальні виробки морозива проводили в умовах навчальної лабораторії кафедри технології молока і молочних продуктів НУХТ, а також виробничого цеху ТОВ «Альфа».

Визначення органолептичних та фізико-хімічних показників якості сумішей та морозива проводили за загальноприйнятими методиками. Кріоскопічну температуру сумішей морозива визначали за допомогою термометра Бекмана, а також вимірювального комплексу, розробленого науковцями НУХТ. В'язкісні характеристики модельних систем та сумішей досліджували методом ротаційної віскозиметрії на віскозиметрі «REOTEST II». Мікроструктуру зразків морозива вивчали за допомогою мікроскопа марки XS-2610 за збільшення x150, x400 та x600. У розділі також наведено технічні характеристики установок, напівпромислового та лабораторного обладнання, застосованих під час проведення досліджень.

Одержані результати вимірювань обчислювали за допомогою стандартних програм статистичного оброблення Microsoft Excel та Statistica (StafSoft) пакету програм MathCAD. Графічне представлення експериментальних даних здійснювали за допомогою програми Microsoft Excel та Origin Pro v8.5.1 SR2. Точність отриманих результатів забезпечувалася трьох-п'ятикратною повторюваністю дослідів. Апаратурно-технологічні схеми виробництва морозива виконували у системі комп'ютерної програми для автоматизованого проектування "Компас - 3D V8".

У третьому розділі «Наукове обґрунтування вибору заміників цукру та складу підсолоджуючих комплексів для морозива різних видів» наведено порівняльний аналіз органолептичних і фізико-хімічних показників цукру та його заміників.

За основні критерії вибору заміників цукру у складі морозива різних видів обрано наступні характеристики: ступінь солодкості, кріопротекторну здатність, структурно-механічні властивості (структуруючу і тиксотропну здатності). На основі аналізу існуючої інформації зроблено припущення щодо можливості одержання цілеспрямованого технологічного ефекту у разі застосування поліолів та композиційних сумішей паток з різним ступенем оцукрювання у складі морозива.

Досліджено вплив патоки різного ступеню оцукрювання з декстрозним еквівалентом (ДЕ) від 30 до 98 (ПК, ІГ-42, ГФС) і поліолів (еритритол, ізомальт, сорбіт) за повної та часткової (до 50 %) заміни цукру на ступінь солодкості (С), кріоскопічну температуру ($t_{кр.}$) та ефективну в'язкість ($\eta_{ef.}$) сумішей морозива класичних видів – молочного (масова частка цукру (м.ч.ц.) 15,5 %), вершкового (м.ч. ц. 14 %), пломбіру (м.ч. ц. 14 %), а також морозива ароматичного (м.ч. ц. 28 %) та плодово-ягідного (м.ч. ц. 25 %).

За одержаними результатами з подальших досліджень виключено сорбіт (обмеження щодо максимальної дози споживання), ізомальт (низька солодкість) і патоку ІГ-42 (низькі солодкість та структуруюча здатність). Встановлено, що глюкозно-фруктозний сироп (ГФС) з ДЕ=98 та ступенем солодкості 1,37 у складі сумішей морозива за рахунок високого вмісту моноцукрів (96 %) підвищує С, суттєво знижує $t_{кр.}$ (до $-3,81 \pm 0,07$ °С для морозива на молочній основі та до $-4,86 \pm 0,07$ °С для морозива на основі цукрових сиропів), розріджує суміші. Натомість, патока карамельна (ПК) з ДЕ=30 та ступенем солодкості 0,34, навпаки – знижує відчуття солодкості, підвищує $t_{кр.}$ (до $-1,62 \pm 0,05$ °С для морозива на молочній основі, до $-1,34 \pm 0,04$ °С – для морозива на основі цукрових сиропів) та структурує суміші за нижчого вмісту моноцукрів (до 10 %) і наявності високомолекулярних продуктів гідролізу крохмалю (≤ 70 %). Тому було зроблено висновок щодо доцільності поєднання функціонально-технологічних властивостей обраних підсолоджувачів у складі композицій «ГФС+ПК» та «ГФС+Поліол», що потребує додаткового експериментального підтвердження.

Для виявлення технологічно ефективних композицій «ГФС+ПК» досліджено $t_{кр.}$ сумішей морозива за різного співвідношення між складовими. Фізико-хімічні показники сумішей морозива на молочній основі за змінного вуглеводного складу наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники сумішей морозива на молочній основі з ГФС, ПК та їх композиціями ($P \geq 0,95$, $n=3$)

Масова частка у складі композицій, %		Показники композицій		Кріоскопічна температура сумішей морозива, °С		
ГФС	ПК	ДЕ	С	молочного	вершкового	пломбіру
Контроль з цукром			1,0	$-2,18 \pm 0,06$	$-2,21 \pm 0,07$	$-2,36 \pm 0,07$
0	100	34,2	0,38	$-1,62 \pm 0,04$	$-1,74 \pm 0,04$	$-1,79 \pm 0,02$
10	90	40,5	0,48	$-1,79 \pm 0,05$	$-1,93 \pm 0,06$	$-1,98 \pm 0,04$
20	80	46,9	0,58	$-1,97 \pm 0,05$	$-2,13 \pm 0,05$	$-2,17 \pm 0,07$
30	70	53,2	0,68	$-2,14 \pm 0,04$	$-2,31 \pm 0,07$	$-2,36 \pm 0,05$
40	60	59,6	0,78	$-2,32 \pm 0,06$	$-2,50 \pm 0,05$	$-2,54 \pm 0,07$
50	50	65,9	0,87	$-2,50 \pm 0,07$	$-2,69 \pm 0,06$	$-2,73 \pm 0,06$
60	40	72,3	0,97	$-2,67 \pm 0,06$	$-2,88 \pm 0,06$	$-2,92 \pm 0,06$
70	30	78,6	1,07	$-2,85 \pm 0,07$	$-3,07 \pm 0,08$	$-3,12 \pm 0,07$
80	20	85,0	1,17	$-3,02 \pm 0,05$	$-3,26 \pm 0,07$	$-3,35 \pm 0,08$
90	10	91,3	1,27	$-3,20 \pm 0,08$	$-3,48 \pm 0,08$	$-3,58 \pm 0,07$
100	0	97,7	1,37	$-3,37 \pm 0,08$	$-3,69 \pm 0,09$	$-3,81 \pm 0,08$

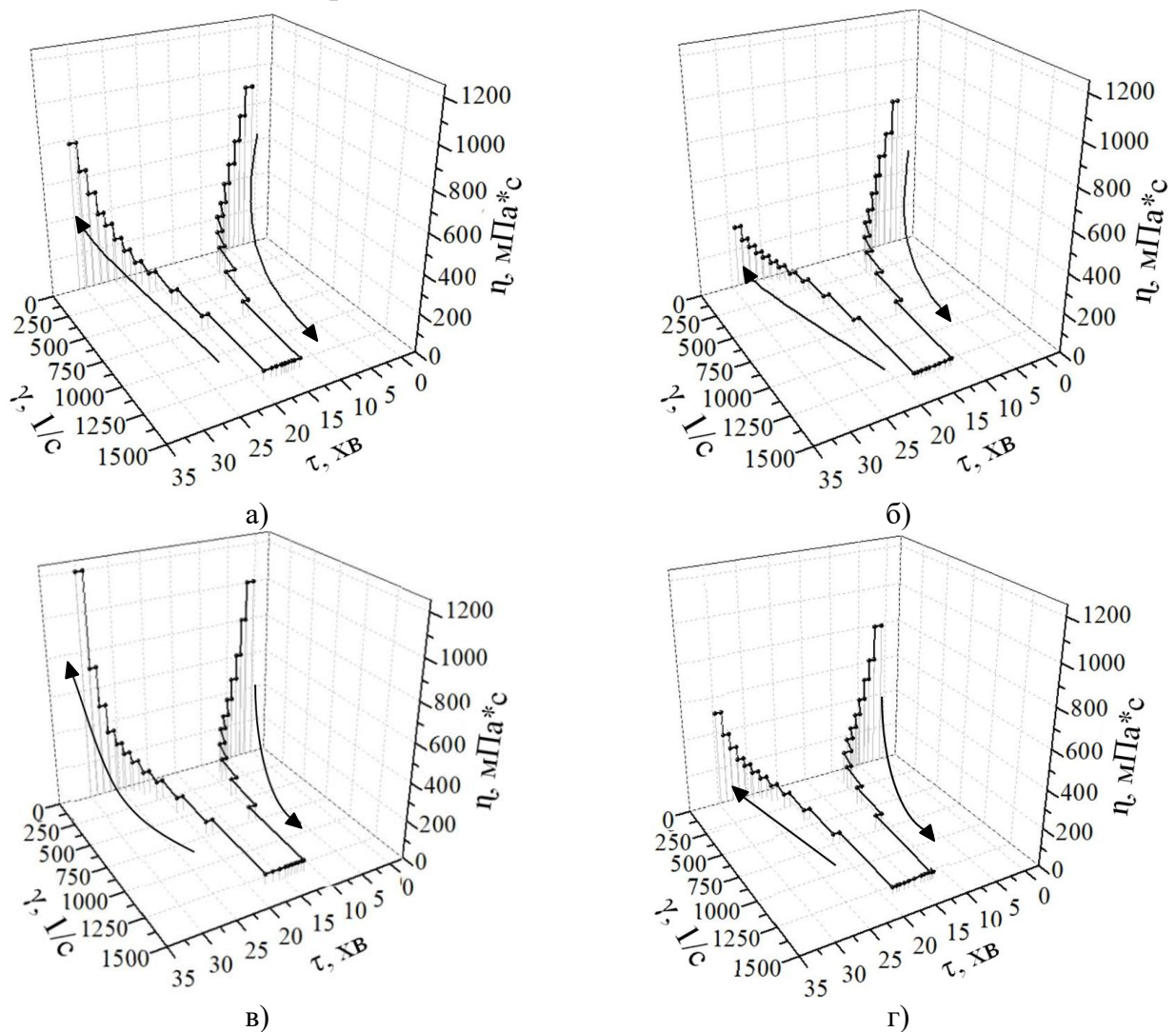
Примітка: світло-сірим тлом виокремлено допустимий діапазон співвідношень між патоками у складі композицій, а темно-сірим – раціональне співвідношення між ними

Встановлено, що ГФС і ПК саме в діапазоні співвідношень від 30:70 до 60:40 забезпечують рекомендовані ступінь солодкості ($0,6 \leq C \leq 1$) та інші показники якості морозива.

За такою ж схемою досліджень встановлено доцільність повної заміни сахарози у складі морозива на еритритол (Е) та його композиції з ГФС за співвідношень відповідно від 90:10 до 50:50.

Вивчено в'язкісні характеристики сумішей морозива із заміниками цукру як з моноскладовими, так і у складі композицій.

Характер руйнування та відновлення структури досліджуваних харчових систем в процесі вимірювання ефективної в'язкості на прикладі морозива вершкового наведено на рис. 1.



а) контрольний зразок морозива з цукром; б) зразок морозива із заміною цукру на еритритол;
в) зразок морозива із заміною цукру на комплекс «ГФС+ ПК» (30:70); в) зразок морозива із заміною цукру на комплекс «ГФС+Е» (50:50)

Рисунок 1 – Характер руйнування та відновлення структури досліджуваних харчових систем в процесі вимірювання ефективної в'язкості

Виявлено найбільшу тиксотропну здатність зразків сумішей на молочній основі та сумішей ароматичних з цукром (контрольні зразки) порівняно зі зразками з ГФС, еритритолом та їх композицією «ГФС+Е» за рахунок нижчих,

порівняно з цукром, гідрофільності та структуруючої здатності. Харчові системи, що містять вищі цукри у складі ПК ($\leq 70\%$), порівняно зі зразками з ГФС, у більшій мірі структуровані. Натомість, використання лише ГФС надає морозиву надлишкового ступеню солодкості та знижує його формостійкість.

За результатами дослідження встановлено слабкі реопексні властивості сумішей з композицією «ГФС+ПК», що є позитивним для технології морозива, зокрема на етапі дозування та формування порцій морозива перед загартуванням. Виявлений ефект додатково підтверджує доцільність застосування композиційної суміші патоки різного ступеню оцукрювання, які спроможні виявляти синергетичний ефект, для формування характерної для загартованого морозива структури. Недостатня структуруюча здатність і низький ступінь солодкості еритритолу у складі сумішей для морозива також потребують його комбінування з ГФС для досягнення максимального технологічного ефекту.

На збитість морозива всіх видів найсуттєвіше впливає заміна цукру на патоку ГФС та еритритол. Даний ефект обумовлений кращим диспергуванням повітря за нижчої в'язкості систем, порівняно з контрольними зразками, але знаходиться в діапазонах рекомендованих значень для сумішей морозива на молочній основі (від 400 до 1100 мПа*с) і для сумішей на основі цукрових сиропів (від 200 до 400 мПа*с). В той же час, еритритол та ГФС погіршують опір таненню загартованого морозива, а ПК за високого вмісту поліцукрів знижує збитість та покращує опір таненню.

За результатами порівняльного аналізу дисперсності повітряної фази у досліджуваних зразках виявлено її підвищення у м'якому морозиві з поліолами та ГФС. Середній діаметр повітряних бульбашок у такому морозиві зменшується на 12–20 % за переважання дрібнодиспергованої повітряної фази, що пов'язане зі зниженням ефективної в'язкості сумішей.

Отже, для формування характерної для загартованого морозива структури і забезпечення достатньої солодкості продукту рекомендовано застосовувати композицію «ГФС+ПК», а для одержання кремоподібної і легкої консистенції морозива м'якого – композицію «ГФС+Е».

За допомогою математичного моделювання оптимізовано склад сумішей для виробництва морозива загартованого на молочній основі з композиціями патоки «ГФС+ПК», що забезпечуватимуть $t_{кр}$, наближену для контрольних зразків класичних видів морозива з цукром.

За критерій оптимальності було прийнято кріоскопічну температуру контрольних сумішей морозива молочного, вершкового та пломбіру класичних видів ($t_{кр1} \leq -2,18^\circ\text{C}$, $t_{кр2} \leq -2,21^\circ\text{C}$, $t_{кр3} \leq -2,34^\circ\text{C}$ відповідно).

За допомогою одержаних багатофакторних регресійних моделей, які є адекватними наявним розрахунковим даним і мають високі ступені значимості оцінених параметрів, визначено вплив кожного фактора – декстрозного еквіваленту (x_1) та масова частка (м.ч.) патоки (x_2), на відгук – кріоскопічну температуру (y). Одержані емпіричні функції на прикладі сумішей морозива на молочній основі:

$$\text{для морозива молочного} - y_1(x_1, x_2) = 0,338 - 0,15x_1 - 0,14x_2;$$

для морозива вершкового – $y_2(x_1, x_2) = 0,257 - 0,015x_1 - 0,156x_2$;

для пломбіру – $y_3(x_1, x_2) = 0,312 - 0,016x_1 - 0,174x_2$.

Моделювання складу сумішей морозива на молочній основі дозволило визначити оптимальні діапазони значень ДЕ та вмісту патоки у сумішах для забезпечення значень $t_{кр}$, що не вищі за прийняті критерії оптимальності:

$9,6 \leq ДЕ \leq 97,7$ та $10,85 \% \leq \text{м.ч. патоки} \leq 15,5 \%$ – для молочного морозива;

$59,5 \leq ДЕ \leq 97,5$ та $9,75 \% \leq \text{м.ч. патоки} \leq 14,0 \%$ – для вершкового морозива;

$58,5 \leq ДЕ \leq 97,5$ та $9,75 \% \leq \text{м.ч. патоки} \leq 14,0 \%$ – для пломбіру.

Отже, науково підтверджено технологічну доцільність використання обраних замінників цукру, у тому числі у складі комплексів «ГФС+ПК» в діапазоні співвідношень 30:70÷60:40 та «ГФС+Е» за співвідношень 50:50÷10:90.

У четвертому розділі «Розроблення рецептур морозива з цукрозамінниками та уточнення технологічних режимів його виробництва» досліджено фізико-хімічні показники морозива із замінниками цукру, виготовленого відповідно до розроблених рецептур. Проаналізовано показники якості морозива з повною заміною цукру на патоку різного ступеня оцукрювання і поліюли, а також частковою заміною СЗМЗ, порівняно з контрольним зразком із цукром.

Фізичні показники морозива із замінниками цукру та їх комплексами на прикладі морозива вершкового наведено в табл. 2.

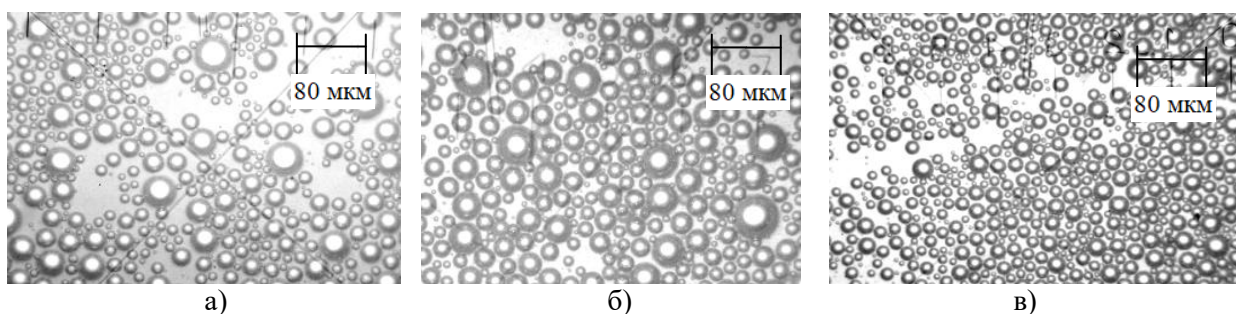
Таблиця 2 – Фізичні показники морозива вершкового з масовою часткою жиру (м.ч.ж.) 10 % із замінниками цукру та їх комплексами ($P \geq 0,95$, $n=3$)

Показник	Конт- роль	ГФС+ПК (30:70) (повна заміна цукру)	ГФС+Е (50:50) (повна заміна цукру)	Еритритол (повна заміна цукру)	ГФС+ПК (30:70) (повна заміна цукру та 30%-ва заміна СЗМЗ)
Активна кислотність,	6,55±0,2	6,45±0,15	6,65±0,30	6,50±0,37	6,65±0,20
Титрована кислотність, °Т	23,0±1,0	23,5±1,5	22,5±1,5	21,0±2,0	20,5±0,5
Температура, °С (режим 1, охладження)	-2,0±0,1	-4,5±0,2	-2,5±0,1	-3,9±0,1	-2,3±0,1
Температура, °С (режим 2, фритування)	-3,7±0,1	-5,0±0,3	-3,6±0,1	-5,0±0,2	-3,6±0,2
Збитість, %	75,5±2,5	93,5±3,6	74,0±2,1	92,0±2,5	65,5±2,2
Час накопичення 10 см ³ «плаву», хв	66,0±2,4	42,0±1,6	81,0±3,0	49,0±2,0	85,0±2,6
Макс./мін./середній діаметр повітряних бульбашок, мкм	72,0±1,5/ 1,6±0,1/ 15,5±0,2	52,5±0,9/ 1,0±0,1/ 13,0±0,3	73,5±1,6/ 1,7±0,1/ 19,1±0,3	61,0±1,4/ 1,5±0,1/ 16,0±0,1	77,0±1,4/ 2,2±0,1/ 23,0±0,2

Найвищу збитість для всіх видів морозива встановлено у зразках з еритритолом та з композицією «ГФС+Е». У той же час, вказані зразки морозива за високої збитості виявляють нижчий, порівняно з контролем, опір таненню. У свою чергу, деяке зниження збитості зафіксовано для зразків з композицією «ГФС+ПК» за одночасного покращання формостійкості морозива. Також слід

відзначити низькотемпературний режим фризеравання суміші з еритритолом ($\leq -3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), що пояснюється високою кріопротекторною здатністю останнього.

Мікроструктуру м'якого морозива з цукром та цукрозамінниками наведено на рис. 2.



а) контрольний зразок з цукром; б) зразок із заміною цукру на комплекс «ГФС+ПК» за співвідношення 30:70; в) зразок із заміною цукру на комплекс «ГФС+Е» за співвідношення 50:50

Рисунок 2 – Мікроструктура зразків морозива вершкового з комплексами цукрозамінників за збільшення 10х15

Підвищення дисперсності повітряної фази в морозиві з комплексом «ГФС+Е» пов'язане зі зниженням $t_{кр}$ та в'язкості сумішей, що призводить до їх низькотемпературного фризеравання та гомогенного розподілу повітря.

Виявлено позитивний вплив замінників цукру на органолептичні показники морозива за зниження відчуття надмірної солодкості та підвищення відчутності молочної основи. У той же час, контрольний зразок з цукром та зразки з комплексом «ГФС+Е» характеризуються яскраво вираженим солодким смаком, притаманним морозиву класичного складу з цукром. Поверхня морозива з еритритолом та композицією «ГФС+Е» на виході з фризера, а також у сформованих порціях є блискучою та водянистою внаслідок низького опору таненню, а морозиво з композицією паток – більш структуроване та з сухою поверхнею за рахунок вищих цукрів у складі ПК.

Для вивчення можливості одночасної заміни цукру та СЗМЗ на крохмальну патоку у морозиві на молочній основі було обрано ступінь заміни молочної складової до 30 %, що забезпечить її мінімально можливий вміст в продукті (не менше 7 %). Варіювали одночасною заміною СЗМЗ та цукру композиціями паток «ГФС+ПК» за різних співвідношень. Враховуючи рекомендований діапазон відносної солодкості для морозива всіх видів (0,6–1,0), раціональним складом композицій «ГФС+ПК» для заміни до 10...20 % СЗМЗ є співвідношення 50:50÷20:80, а для заміни до 30 % – 40:60÷20:80.

Отже, в морозиві з композиціями «ГФС+ПК» за співвідношення 30:70, а також «ГФС+Е» за співвідношення 50:50 встановлено суттєве покращення органолептичних і фізико-хімічних показників якості, порівняно з морозивом класичних видів.

Досліджено вплив технологічних режимів гомогенізації на структуруючу здатність замінників цукру у складі сумішей морозива вершкового з м.ч.ж. 10 %. Виявлено подібність залежності ефективної в'язкості сумішей морозива

вершкового із заміниками цукру від режимів процесу гомогенізації до такої для контрольного зразка з цукром, що дає підставу рекомендувати у технологічній схемі загальноприйняті режими механічного оброблення.

Встановлено незначне підвищення ефективної в'язкості всіх сумішей в процесі визрівання – в середньому на 10–15 % від початкового значення. Це дозволяє виключити технологічну операцію визрівання зі схеми виробництва морозива з патоками для молочних сумішей, на які припадає найбільша швидкість структурування, а також скоротити її тривалість до 2–4 годин для сумішей вершкових, пломбірних, ароматичних та плодово-ягідних.

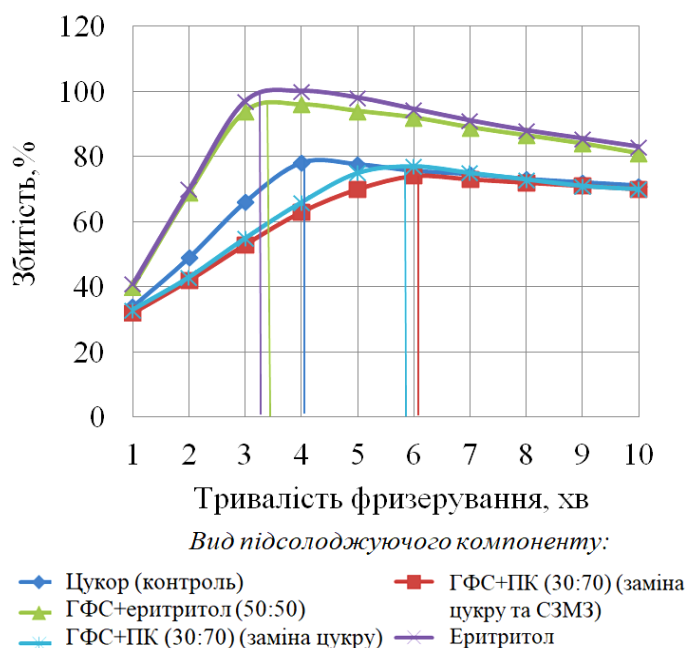


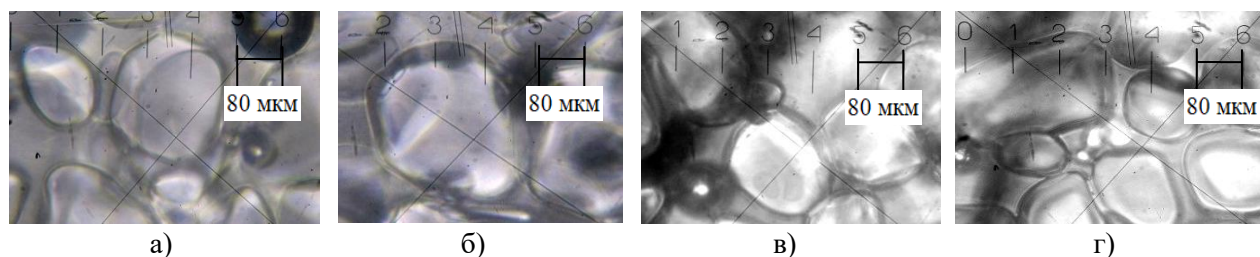
Рисунок 3 – Збитість м'якого вершкового морозива із заміниками цукру впродовж фризирования (режим 2)

На рис. 3 наведено динаміку насичення сумішей вершкових повітрям за режиму 2 (частота обертів шнеку-мішалки – $3,3 \text{ с}^{-1}$) впродовж 10-ти хв., відповідно до якої слід відмітити швидке (до 3,0...3,5 хв.) максимальне насичення повітрям сумішей морозива з еритритолом та його композицією з ГФС. Довше, до 4...6 хв., насичуються повітрям суміші вершкові з цукром та композицією паток крохмальних «ГФС+ПК» через значно вищу початкову в'язкість.

Встановлено, що впродовж процесу фризирования суміші значно насичуються повітрям вже за режиму 1 (частота обертів шнеку-мішалки становить 2 с^{-1}) (до 30...50 %), а за режиму 2 процес

аерації інтенсифікується за одночасного підвищення дисперсності повітряної фази у сформованій пінній структурі м'якого морозива.

На рис. 4 наведено мікроструктуру вершкового морозива – контрольного зразка та зразків із заміниками цукру.



а) контроль з цукром; б) з комплексом «ГФС+ПК» (30:70); в) з комплексом «ГФС+Е» (50:50); г) з еритритолом

Рисунок 4 – Мікроструктура загартованого вершкового морозива за збільшення 40х15

За заміни цукру на еритритол та його композиційну суміш з ГФС розміри кристалів льоду зменшуються майже у 2,0...3,4 рази (від 51,6 до 30,8 мкм та до 18,1 мкм), що підтверджує доцільність застосування обраних замінників цукру у складі морозива.

За результатами органолептичної оцінки встановлено найвищий бал для зразків морозива з еритритолом та композицією «ГФС+Е», які надають продукту помірно солодкого смаку з приємним охолоджуючим ефектом, м'якою навіть після загартування консистенцією та привабливим зовнішнім виглядом. У процесі зберігання впродовж 12-ти місяців у зразках морозива з еритритолом та з композицією «ГФС+Е», а також у контрольних зразках виявлено борошністу консистенцію за формування кристалів льоду розмірами більше 10 мкм, а також погіршення однорідності консистенції та зовнішнього вигляду. По закінченню терміну зберігання зразки морозива з композиціями паток «ГФС+ПК» відрізнялися більшою стабільністю органолептичних властивостей.

Технологічний процес виробництва морозива із замінниками цукру відбувається згідно принципової схеми, наведеної на рис. 5, відповідно якої удосконаленням технології є:

- підготовка рідких замінників цукру;
- скорочення тривалості процесу визрівання сумішей ароматичних та плодово-ягідних із композицією паток «ГФС+ПК» до 2-х годин, для морозива молочного, вершкового та пломбіру – до 4-х годин; виключення процесу визрівання для морозива з інтегрованими стабілізаційними системами;
- скорочення тривалості фризирования сумішей різного хімічного складу періодичним способом з еритритолом та композицією «ГФС+Е» до 3–4 хв, а сумішей ароматичних та плодово-ягідних з композицією «ГФС+ПК» – до 4–5 хв.

Апаратурно-технологічну схему виробництва морозива із замінниками цукру наведено на рис. 6, відповідно до якої впровадження наукової розробки у виробництво не потребує суттєвого технічного переоснащення існуючих ліній. Додатковим обладнанням є лише спеціальні ємності із системами підігрівання, що облаштовані дозаторами (поз. 9 та поз. 10, рис. 6) для попередньої підготовки паток крохмальних рідких.

Соціальна значимість розробки полягає у створенні нових видів морозива без цукру. Розширюється асортимент натуральних молочних продуктів спеціального призначення, що є актуальним для покращання структури харчування населення України.

Згідно діючих статей калькуляції проведено розрахунок очікуваної економічної ефективності від виробництва 1 т кожного виду морозива вершкового, порівняно з класичним морозивом із цукром. Розрахунок підтверджує економічну доцільність розроблених видів морозива, технологію яких апробовано у виробничих умовах ТОВ «Альфа». Економічний ефект від впровадження розробок морозива з одночасною заміною цукру та СЗМЗ може скласти близько 3,85 тис. грн., що обумовлюється зменшенням собівартості продукту за рахунок економії молочної сировини. Рентабельність розробок

коливається в діапазоні від 44,0 до 68,0 %, а витрати на 1 грн. готової продукції можна зменшити з 0,64 до 0,60 грн.

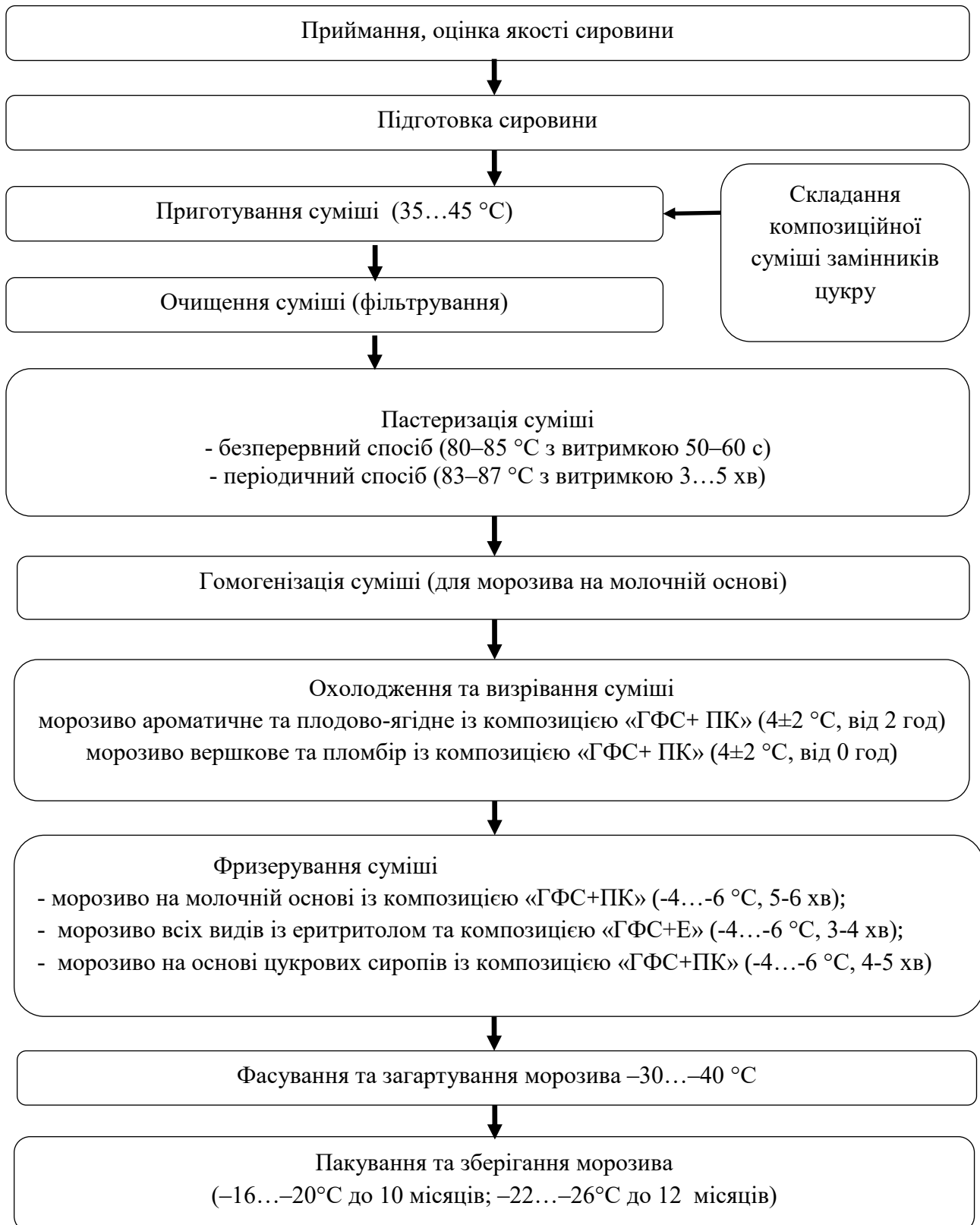
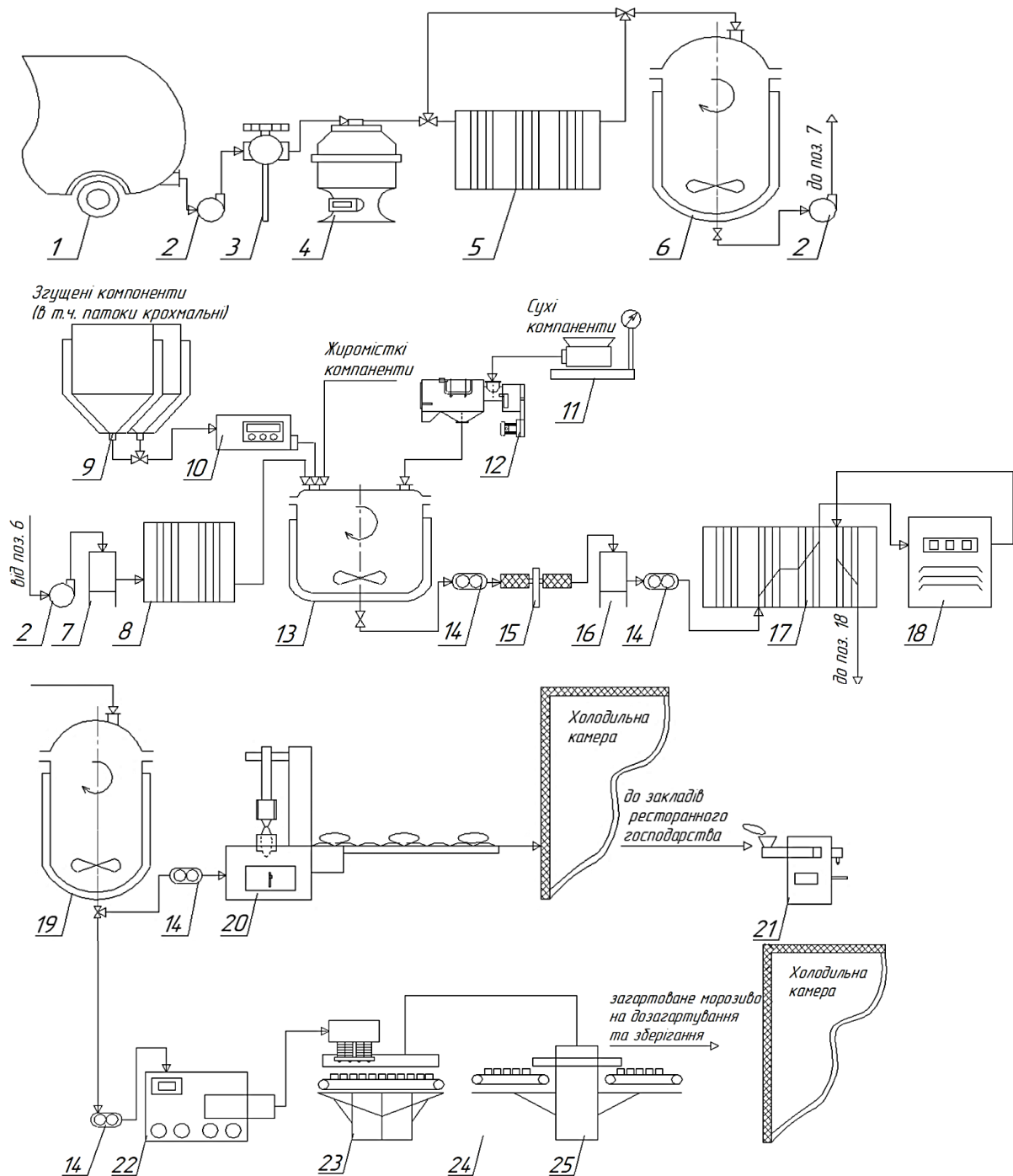


Рисунок 5 – Принципова технологічна схема виробництва морозива із заміниками цукру



1 – автомолцистерна; 2 – насос відцентровий; 3 – лічильник; 4 – сепаратор-молокоочисник; 5 – пластинчастий охолоджувач; 6 – резервуар для молока; 7 – урівноважувальний бачок; 8 – пластинчастий пастеризатор; 9 – ємність для згущених продуктів; 10 – дозатор; 11 – ваги для сухих продуктів; 12 – просіювач; 13 – ємність для приготування суміші; 14 – насос для в'язких продуктів; 15 – фільтр; 16 – урівноважувальний бачок; 17 – пластинчаста пастеризаційно-охолоджувальна установка; 18 – гомогенізатор; 19 – резервуар для визрівання суміші; 20 – фасувальний автомат; 21 – фризер періодичної дії; 22 – фризер безперервної дії; 23 – фасувальний автомат; 24 – камера загартування; 25 – пакувальний автомат.

Рисунок 6 – Апаратурно-технологічна схема виробництва морозива із заміниками цукру

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі теоретичних та експериментальних досліджень обґрунтовано удосконалення технології морозива із заміниками цукру. На основі проведених досліджень сформульовано наступні висновки:

1. Аналітично та експериментально обґрунтовано доцільність використання заміників цукру у складі морозива різних видів. Визначено, що за фізико-хімічними і технологічними властивостями та органолептичним поєднанням з молочною, плодово-ягідною та ароматичною основами цукор можна замінювати на поліоли та патоки крохмальні різного ступеню оцукрювання.

2. Встановлено, що ступінь оцукрювання патоки суттєво впливає на органолептичні, фізико-хімічні та структурно-механічні властивості сумішей морозива. Глюкозно-фруктозний сироп (декстрозний еквівалент 96), на відміну від патоки карамельної (декстрозний еквівалент 30), знижує кріоскопічну температуру та ефективну в'язкість, але підвищує ступінь солодкості сумішей морозива. Поліоли знижують ступінь солодкості морозива та ефективну в'язкість, але підвищують кріоскопічну температуру сумішей, порівняно із контрольними зразками з цукром. Виявлені функціонально-технологічні властивості окремих заміників цукру можуть бути застосовані комплексно у складі композиційних сумішей цільового призначення.

3. Низький ступінь солодкості, надмірно висока в'язкість та підвищена кріоскопічна температура сумішей з патокою карамельною дозволяє комбінувати її з патокою високооцукреною з протилежними властивостями за співвідношень в діапазоні від 30:70 до 60:40, що забезпечує формування фізико-хімічних показників сумішей для виробництва морозива, які наближуються або перевершують такі для контрольних зразків. За комплексом показників якості також доцільною є заміна цукру у морозиві різних видів на композицію підсолоджувачів, що складається з патоки високооцукреної ГФС та еритритолу за співвідношень в діапазоні від 50:50 до 10:90.

4. Науково обґрунтовано рецептурний склад морозива загартованого та м'якого – молочного, вершкового, пломбіру, ароматичного і плодово-ягідного із заміниками цукру та їх композиціями.

5. Обґрунтовано технологічні режими виробництва нових видів морозива із заміниками цукру. Розроблено принципову технологічну схему їх виробництва, особливістю якої є введення додаткової операції підготовки рідких заміників цукру, виключення або скорочення тривалості процесу визрівання сумішей з композиціями паток крохмальних, а також скорочення процесу фризирования сумішей з еритритолом та його композицією з ГФС. Впровадження нових видів морозива не потребує технічного переоснащення типових технологічних ліній.

6. Морозиво з композиціями «ГФС+ПК» у складі сумішей на молочній основі і на основі цукрових сиропів та у разі заміни цукру і часткової заміни СЗМЗ (до 10–30%) у сумішах на молочній основі, характеризується сталими у часі показниками, які наближені або перевершують такі для контрольних

зразків з цукром. Для продукту з еритритолом та його композицією з ГФС характерна більш м'яка, пластична консистенція (типу «пташине молоко») та вища збитість, що дає підставу реалізувати його тільки у вигляді м'якого морозива або перед загартуванням фасувати тільки у жорстку тару.

7. Розроблено 2 нормативні документації на нові види морозива (ТУ У 10.5-02070938269:2018 «Морозиво з комбінованим складом сировини із заміниками цукру» та ТУ У 10.5-02070938270:2018 «Морозиво із заміниками цукру»). Удосконалену технологію морозива із заміниками цукру апробовано на ТОВ «Альфа», що підтверджено актами та протоколами виробничої перевірки. Доведено соціальну значимість та очікувану економічну ефективність від впровадження наукової розробки.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСТЕРТАЦІЇ

Публікації у наукових фахових виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз:

1. Басс, О.О., Поліщук, Г.Є., Бреус, Н.М., & Маноха, Л.Ю. (2016). Оптимізація складу морозива на молочній основі з цукристими речовинами. *Наукові праці НУХТ*, 1 (22), 166-171. (Науковий журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук; міжнародна індексація: *Index Copernicus*, *EBSCO host*, *CABI Full Text* та ін.)

Особистий внесок: дослідження кріоскопічної температури сумішей морозива, обґрунтування результатів, підготовка матеріалів до друку.

2. Басс, О.О., Поліщук, Г.Є., & Гончарук, О.В. (2017). Дослідження впливу крохмальної патоки на реологічні характеристики сумішей для виробництва морозива. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі*, 1 (83), 8-15. (Збірник входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук; міжнародна індексація: *Index Copernicus*, *Global Impact Factor* та ін.)

Особистий внесок: розробка рецептур та підготовка дослідних зразків, дослідження швидкісно-в'язкісних характеристик сумішей морозива із крохмальними патоками та поліолами, аналіз та обґрунтування результатів.

3. Bass, O., Polischuk, G., & Goncharuk, E. (2017). Investigation of viscous characteristics of mixtures of ice cream with starch syrup. *Ukrainian Food Journal*, 6, 269–277. (Науковий журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук; міжнародна індексація: *Index Copernicus*, *EBSCO*, *Google Scholar* та ін.).

Особистий внесок: підготовка дослідних зразків, дослідження швидкісно-в'язкісних характеристик сумішей морозива, аналіз та обґрунтування результатів, підготовка матеріалу до друку.

4. Bass, O., Polischuk, G., & Goncharuk, E. (2018). Influence of sweeteners on rheological and qualitative indicators of ice cream. *Ukrainian Food Journal*, 7, 41-53. (Науковий журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових

видань України з технічних наук; міжнародна індексація: *Index Copernicus, EBSCO, Google Scholar* та ін.).

Особистий внесок: дослідження швидкісно-в'язкісних характеристик сумішей морозива із поліолами та патоками крохмальними, аналіз та обґрунтування результатів досліджень, підготовка матеріалу до друку.

Публікації у закордонних фахових виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз:

5. Басс, О.А., Поліщук Г.Є., Богданов Е.С., & Раманаускас Р. (2015). Сравнительный анализ показателей качества мороженого с патокой крохмальной различной степени осахаривания. *Maisto chemija ir technologija Mokslo darbai (Food chemistry and technology. Proceedings)*, 49(1), 54-62. (Міжнародна індексація: *Index Copernicus*)

Особистий внесок: розробка рецептур дослідних зразків, аналіз показників якості морозива, обґрунтування результатів, підготовка матеріалів до друку.

Патенти:

6. Басс, О.О, Поліщук, Г.Є., & Омельчук, Ю.В. (2016). Патент України на корисну модель 106866. Київ: Український інститут інтелектуальної власності.

Особистий внесок: проведення літературного і патентного пошуку, порівняння та аналіз існуючих технологій, складання опису, формули корисної моделі та оформлення заявки на патент.

7. Басс, О.О, Поліщук, Г.Є., & Омельчук, Ю.В. (2016). Патент України на корисну модель 106867. Київ: Український інститут інтелектуальної власності.

Особистий внесок: проведення літературного і патентного пошуку, порівняння та аналіз існуючих технологій, складання опису, формули корисної моделі та оформлення заявки на патент.

8. Басс, О.О, Поліщук, Г.Є., & Бреус Н.М. (2016). Патент України на корисну модель 106869. Київ: Український інститут інтелектуальної власності.

Особистий внесок: проведення літературного і патентного пошуку, порівняння та аналіз існуючих технологій, складання опису, формули корисної моделі та оформлення заявки на патент.

Публікації у матеріалах наукових конференцій:

9. Pavlenko, O., Politschuk, H., & Okopna, Y. (2015). *Polyolen verwendung in der Speiseeisherstellung*, Materials of the XI International scientific and practical conference «Science and civilization». England, Sheffield.

Особистий внесок: підготовка дослідних зразків, проведення органолептичних та фізико-хімічних досліджень, аналіз результатів, підготовка матеріалів до друку.

10. Pavlenko, O., Politschuk, H., & Okopna, Y. (2015). *Starke als Zutat fur Speiseeis*, Materials of the XI International scientific and practical conference «Modern scientific potential», England, Sheffield.

Особистий внесок: розроблення композицій паток крохмальних, аналіз фізико-хімічних показників, підготовка матеріалів до друку.

11. Павленко, О.О., Поліщук Г.Є., Котенко І.П., & Сіденко Я.С. (2015). *Переваги застосування крохмальної патоки у складі морозива*, Програма і матеріали четвертої міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції». Київ: НУХТ.

Особистий внесок: проведення літературного пошуку, розроблення рецептури дослідних зразків, підготовка матеріалів до друку.

12. Павленко, О.О., & Поліщук, Г.Є. (2015). *Використання крохмалепродуктів у виробництві морозива*, Матеріали 81 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті». Київ, НУХТ.

Особистий внесок: розроблення рецептури дослідних зразків, аналіз результатів досліджень, підготовка матеріалів до друку.

13. Бреус, Н.М., Маноха, Л.Ю., Басс, О.О., & Поліщук, Г.Є. (2015). *Оптимізація складу морозива молочного з крохмальною патокою*, Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Стан і перспективи харчової науки та промисловості», Тернопіль, ТНТУ ім. Івана Пулюя.

Особистий внесок: підготовка дослідних зразків, проведення досліджень, аналіз результатів, підготовка матеріалів до друку.

14. Басс, О.О., & Поліщук, Г.Є. (2017). *Функціонально-технологічні властивості крохмальної патоки у складі морозива*. Збірник наукових праць молодих учених, аспірантів та студентів Одеської національної академії харчових технологій. (Збірник входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук)

Особистий внесок: розробка рецептур дослідних зразків, дослідження фізико-хімічних характеристик сумішей морозива із крохмальними патоками, аналіз результатів, підготовка матеріалів до друку.

15. Басс, О.О., & Поліщук, Г.Є. (2017). *Визначення оптимального вмісту поток крохмальних у морозиві на молочній основі*, Тези доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2017. Харків, НТУ «ХПІ».

Особистий внесок: розробка рецептур дослідних зразків, аналіз кріопротекторних властивостей поток крохмальних у складі сумішей морозива, обґрунтування результатів, підготовка матеріалів до друку.

16. Басс, О.О., & Поліщук, Г.Є. (2017). *Використання крохмальних поток як заміника цукру у виробництві морозива*, Збірник праць за підсумками VII міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства». Київ, НУБіП.

Особистий внесок: розробка рецептур дослідних зразків, дослідження мікроструктури морозива, підготовка матеріалів до друку.

17. Басс, О.О., Поліщук, Г.Є., & Гончарук, О.В. (2017). *Дослідження реологічних характеристик сумішей для морозива з патоками крохмальними*. Матеріали конференції XI міжнародної науково-практичної конференції

магістрантів та аспірантів «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». Харків, НТУ «ХПІ».

Особистий внесок: дослідження швидкісно-в'язкісних характеристик сумішей морозива, підготовка матеріалів до друку.

18. Басс, О.О., Поліщук, Г.Є., & Гончарук, О.В. (2017). *Реологічні характеристики сумішей для виробництва морозива з крохмальними патоками*. Матеріали 83 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті». Київ, НУХТ.

Особистий внесок: дослідження швидкісно-в'язкісних характеристик сумішей морозива, аналіз результатів, підготовка матеріалів до друку.

19. Басс, О.О., & Поліщук, Г.Є. (2018). *Дослідження впливу замінників цукру на структурно-в'язкісні характеристики сумішей для морозива*, Матеріали 84 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті». Київ, НУХТ.

Особистий внесок: підготовка дослідних зразків, дослідження швидкісно-в'язкісних характеристик сумішей, аналіз та обґрунтування результатів, підготовка матеріалу до друку.

20. Басс, О.А., & Полищук, Г.Е. (2018). *Исследование реологических свойств смесей для производства мороженого с патокой различной степени осахаривания*, Материалы XII международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств». Беларусь, Могилев: МГУП.

Особистий внесок: розробка рецептур та підготовка дослідних зразків, дослідження реологічних характеристик сумішей морозива, підготовка матеріалу до друку.

АНОТАЦІЯ

Басс О.О. Удосконалення технології морозива із замінниками цукру. – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.04 – технологія м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідробіонтів. – Національний університет харчових технологій МОН України, Київ, 2019.

Дисертаційна робота присвячена удосконаленню технології морозива шляхом застосування науково-обґрунтованих замінників цукру та їх композицій.

Обґрунтовано перспективність використання у технології морозива різних видів паток крохмальних та поліолів для забезпечення рекомендованого ступеню солодкості та фізико-хімічних показників сумішей морозива, стабілізації показників якості готових продуктів упродовж зберігання.

Доведено технологічну ефективність використання функціонально-технологічних властивостей паток крохмальних, поліолів та їх композицій як замінників цукру у складі морозива різних видів.

Встановлено, що патоки ГФС та ПК за співвідношення 30:70÷60:40, а також патоки ГФС з еритритолом за співвідношення 50:50÷10:90 як замінники цукру здатні забезпечити достатньо хороший технологічний ефект у виробництві морозива різних видів, а також покращити його органолептичні характеристики.

Ключові слова: замінники цукру, морозиво, патоки крохмальні, підсолоджувачі, поліоли.

АННОТАЦИЯ

Басс О.А. Усовершенствование технологии мороженого с заменителями сахара. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.04 – технология мясных, молочных продуктов и продуктов с гидробионтов. – Национальный университет пищевых технологий МОН Украины, Киев, 2019.

Диссертация посвящена усовершенствованию технологии мороженого путем применения научно обоснованных заменителей сахара и их композиций.

Обоснована перспектива использования различных видов патоки крахмальной и полиолов в технологии мороженого для обеспечения рекомендованных степени сладости и физико-химических показателей смесей мороженого, стабилизации показателей качества готовых продуктов в процессе хранения.

Доказана технологическая эффективность использования функционально-технологических свойств патоки крахмальной, полиолов и их композиций как заменителей сахара в составе мороженого разных видов.

Установлено, что патоки ГФС и ПК в соотношении 30:70÷60:40, а также патоки ГФС с еритритолом в соотношении 50:50÷10:90 как заменители сахара способны обеспечить достаточно хороший технологический эффект в производстве мороженого различных видов, а также улучшить его органолептические характеристики.

Ключевые слова: заменители сахара, мороженое, патока крахмальная, подсластители, полиолы.

ABSTRACT

Bass O. Improvement of ice cream technology with sugar substitutes. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for a Candidate of Science Degree in specialty 05.18.04 “Technology of Meat, Dairy and Hydrobiont Products”. – National University of Food Technologies, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2019.

The dissertation is devoted to the improvement of ice cream technology by applying sugar substitutes and their compositions, which exhibit functional and technological properties and improve the quality of the finished product.

The feasibility of using starch syrup and polyols for the formation of recommended organoleptic, physical and chemical characteristics of ice cream, and

their stabilization during the guaranteed period of storage is scientifically substantiated.

The main criteria for the choice of sugar substitutes in the composition of different types of ice cream, are selected such characteristics as the degree of sweetness, cryoprotective and structural ability. The conclusion about the possibility of a purposeful technological effect in the ice cream production cycle with polyols and composite mixtures of starch syrup with different degree of saccharification is formulated.

The influence of starch syrup and polyols with full and partial replacement of sugar on the criterion characteristics of mixtures for the production of milk-based ice cream -of the classic types of milk ice cream (mass fraction of fat 3.5 %), creamy (mass fraction of fat 10.0 %), ice cream (mass fraction of fat 15.0 %), as well as ice cream based on sugar syrups - aromatic, fruit and berry is studied.

In order to combine the properties of individual sweeteners and maximize their approximation to the functional and technological characteristics of sugar, it was decided to develop universal composite mixtures "GFS+CS" and "GFS+Polyol". Insufficient structuring ability and low degree of sweetness of polyols in ice cream mixtures require their mandatory combination with GFS for maximum technological effect. The revealed technological and technological properties of individual sweeteners confirmed the feasibility of application in the composition of ice cream tempered composite mixture "GFS+CS", and in the composition of soft ice cream – "GFS+Erythritol".

Using mathematical modeling the composition of milk-based ice cream with the "GFS+CS" and "GFS+Erythritol" compositions are optimized. It is established that the ratio between GFS and CS in the composition in the range from 30:70 to 60:40 provide organoleptic and physico-chemical indicators that are characteristic of different types of ice cream with sugar. According to the same criteria, the expediency of complete replacement of sucrose in the composition of ice cream with erythritol and its composition with GFS in the ratio of 90:10 to 50:50 was confirmed.

The effectiveness of using in the milk-based ice cream complex "GFS+CS" as a simultaneous substitute not only for sugar is proved, but also up to 30 % of GMS for a ratio of 20:80 to 60:40, depending on the degree of replacement and the desired technological and economic effect.

The technological parameters of production of ice cream with sugar substitutes have been established. It is proved that the use of the composition of high- and low-sugary streams in ice cream of all types against the background of higher initial values of effective viscosity of the mixtures allows either to exclude it from the technological process of production or to reduce its duration to 2 hours (for ice cream based on sugar syrups), or up to 4 hours (for milk-based ice cream).

The normative documentation TU U 10.5-02070938270:2018 "Ice cream with sugar substitutes" and TU U 10.5-02070938269:2018 "Ice cream with a combined composition of raw materials with sugar substitutes" and technological instructions for their manufacture are developed. The ice cream technology with sugar substitutes

has been tested at Alpha LLC, which is confirmed by acts and protocols of production inspection.

The economic efficiency of the production of the developed formulations was calculated: the profit from the production of 1 ton per year of cream ice cream with sugar substitutes varies for various recipes from 76.4 UAH to 3.85 thousand UAH. Product profitability ranges from 44.0 to 68.4%.

Keywords: sugar substitutes, ice cream, starch syrup, sweeteners, polyols