

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

**МАРТИЧ ВІТАЛІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ**

**УДК 663.674**

**РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МОРОЗИВА  
ІЗ ЗАРОДКАМИ ПШЕНИЦІ**

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

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ – 2014

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, доцент  
**Поліщук Галина Євгеніївна,**  
Національний університет харчових  
технологій, в.о. завідувача кафедри  
технології молока і молочних продуктів

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор,  
**Пивоваров Павло Петрович,**  
Харківський державний університет  
харчування та торгівлі МОН України,  
професор кафедри технології харчування

кандидат технічних наук, доцент,  
**Гребельник Оксана Петрівна,**  
Білоцерківський національний аграрний  
університет Міністерства аграрної політики  
та продовольства України, доцент кафедри  
харчових технологій і технологій переробки  
продукції тваринництва

Захист відбудеться «4» березня 2015 р. о 12<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.03 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, ул. Володимирська, 68, корпус А, аудиторія 311.

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

Автореферат розісланий «\_\_\_» грудня 2014 р.

Учений секретар

спеціалізованої вченої ради Д 26.058.03 \_\_\_\_\_ Н. О. Бублієнко

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми.** Світова економічна криза загострює конкурентні відносини між підприємствами-виробниками молочних продуктів, що вимагає постійного вдосконалення технологічного процесу та підвищення якості продукції. Зокрема, важливим завданням є мінімізація енерго- та ресурсовитрат, що доволі актуально для технології морозива – одного з найпопулярніших видів заморожених десертів.

Підвищенню якості та заощадженню молочної сировини у технології морозива присвячено наукові праці багатьох вчених Л. В. Молоканової, Ю. О. Оленєва, Г. Є. Поліщук, А. А. Творогової, С. Clarke, H. D. Goff., R. W. Hartel, R. T. Marshall та ін. Ними вивчено закономірності утворення і стабілізації пінної структури морозива за застосування стабілізуючих речовин різного походження, доведено можливість використання біологічно повноцінних рослинних компонентів, досліджено стан водної фази впродовж технологічного процесу за змінних режимів обробки сумішей для виробництва морозива основних груп та ін.

Морозиво як одна з найскладніших харчових полідисперсних систем потребує особливих умов формування і стабілізації структури. Будь-яка зміна хімічного складу цього продукту може призводити до погіршення його споживчих характеристик під час транспортування й зберігання. Тому, у разі використання нових видів натуральних та біологічно повноцінних компонентів, які виявляють стабілізуючу функцію, необхідно досліджувати, у першу чергу, їх вплив на стан водної фази та характер її виморожування в широкому діапазоні низьких температур.

У складі натурального морозива без харчових добавок, у першу чергу застосовують натуральні стабілізуючі компоненти, зокрема, зернопродукти – борошно пшеничне, рисове, вівсяне та ін. З огляду на високу біологічну цінність за білковою та жирною складовими, наявністю, низкою вартістю та доступністю на вітчизняному ринку, саме зародки пшениці є перспективним технологічно-функціональним та збагачуючим компонентом у складі морозива.

Зародки пшениці широко застосовують у складі багатьох харчових продуктів, але їх використання в технології морозива науково не обґрунтовано. Натомість, окрім стабілізуючої, вологозв'язуючої та структуруючої технологічних функцій, вказаний зернопродукт може збагачувати морозиво та частково замінювати в ньому сухі знежирені речовини молока. Саме тому розробка технології морозива молочного та з комбінованим складом сировини з принципово новим технологічно-функціональним компонентом – зародками пшениці – є актуальною науковою задачею.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана у 2011–2014 рр. в Національному університеті харчових технологій в межах держбюджетної теми “Розроблення інноваційних технологій харчових продуктів комбінованого складу на основі активованої рослинної сировини” (реєстраційний номер 0111U010380). Проведені дослідження дозволили розробити технологію молочного морозива із застосуванням технологічно-функціональної рослинної сировини.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є розроблення технології морозива молочного та з комбінованим складом сировини із зародками пшениці зі стабільними споживчими характеристиками.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі **задачі**:

- проаналізувати хімічний склад і технологічно-функціональні властивості зародків пшениці для застосування у складі молочних сумішей для виробництва морозива;
- обрати оптимальні способи підвищення вологозв'язуючої і структуруючої здатності зародків пшениці, в тому числі у складі морозива молочного та з комбінованим складом сировини;
- встановити фазовий стан води у модельних системах і сумішах із ЗП, вивчити закономірності формування кристалізаційної структури морозива та можливість впливу на цей процес цукристих речовин та поліолів;
- виявити закономірності формування реологічних характеристик модельних систем і сумішей для виробництва морозива із зародками пшениці різних способів оброблення;
- розробити рецептурний склад морозива із зародками пшениці;
- виявити закономірності зміни дисперсного стану повітряної, жирової та кристалічної фаз морозива із зародками пшениці та обґрунтувати раціональні режими окремих технологічних операцій;
- дослідити вплив зародків пшениці на мікробіологічні показники сумішей і морозива із зародками пшениці впродовж технологічного процесу та під час зберігання;
- розробити технологію морозива із зародками пшениці та провести її промислову апробацію, здійснити аналіз ефективності запропонованих науково-технічних рішень.

*Об'єкт дослідження* – технологія морозива молочного та з комбінованим складом сировини.

*Предмет дослідження* – зародки пшениці, модельні системи, суміші та морозиво класичних і нових видів.

**Методи досліджень.** В роботі використано експериментальні методи досліджень: фізико-хімічні (для визначення якісного і кількісного складу рослинної сировини – вміст білків, вуглеводів (крохмалю, моно- та дицукрів), амінокислотний та жирнокислотний склад; для визначення технологічно-функціональних характеристик рослинної сировини – поверхневий натяг; піноутворююча, емульгуюча та жирутримуюча здатність), інструментальні (для визначення стану води у харчових системах – вміст вільної та зв'язаної води; для визначення структурно-механічних характеристик – ефективну в'язкість незруйнованої та зруйнованої відновленої структури), біологічні (для визначення мікробіологічних показників сумішей і морозива – МАФАНМ, БГКП, дріжджі, плісняві гриби), математичні та математично-статистичні (для математичного моделювання, оптимізації й статистичного оброблення експериментальних даних).

**Наукова новизна одержаних результатів.** Вперше доведено технологічну функцію зародків пшениці у складі морозива молочного у кількості 3...4 %, яка

забезпечує ефективну в'язкість відновленої структури молочно-пшеничних сумішей у межах від 432,5 до 594,3 мПа·с, що входить в оптимальний діапазон цієї структурно-механічної характеристики для молочних сумішей за рахунок структуруючої дії білків і полісахаридів зернового компонента.

Вперше обґрунтовано можливість заміни сухого знежиреного молочного залишку на сухі речовини зародків пшениці як технологічного чинника впливу на кристалізацію вільної води та формування і стабілізацію пінної структури морозива з комбінованим складом сировини. За рахунок високої в'язкості сумішей заміна до 3 % СЗМЗ на зерновий компонент дозволяє формувати у загартованому морозиві кристали льоду з середнім діаметром 38...42 мкм, забезпечувати збитість не нижчу за 62,5 % і опір таненню не менший 42 хв.

Вперше виявлено закономірності впливу поліолів (еритритолу, ізомальту, мальтитолу, ксиліту, сорбіту) на кріоскопічну температуру та характер виморожування води у сумішах морозива молочного та з комбінованим складом сировини із зародками пшениці та здійснено порівняльний аналіз порівняно із сахарозою та інвертним цукром. Розроблено композиції поліолів та цукристих речовин за ступенем солодкості і технологічною ефективністю.

Дістало подальший розвиток дослідження механізму впливу молекулярної маси поліолів та цукристих речовин на кріоскопічну температуру водних розчинів, зокрема, доведено пряму залежність кріоскопічної температури сумішей морозива від молекулярної маси поліолів.

#### **Практичне значення одержаних результатів.**

Одержано динамічні моделі виморожування води впродовж окремих технологічних операцій під час низькотемпературного оброблення морозива із зародками пшениці, що дозволяє попереджувати появу грубокристалічної структури у готовому продукті;

Отримано математичні моделі залежностей структурно-механічних властивостей сумішей молочного морозива із ЗП та показників якості готового продукту за зміни вмісту СЗМЗ і зародків пшениці, що надає можливість керувати процесом формування структури за заданих умов виробництва;

Розроблено 4 проекти нормативної документації на морозиво із ЗП, а також технологію морозива молочного та з комбінованим складом сировини із зародками пшениці.

Нові технологічні рішення апробовано на ТОВ «Ла Джелатерія» (м. Київ, 2013 р.); ТОВ «Бердичівська фабрика морозива» (Житомирська обл., м. Бердичів, 2013 р.); ТОВ «Еліт» (Черкаська обл., м. Сміла, 2011 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** полягає у тому, що основні теоретичні рішення і результати досліджень отримані здобувачем особисто, серед них – постановка проблеми, мети, завдань і схеми досліджень, аналіз, оброблення та узагальнення результатів, формулювання висновків, підготовка матеріалів до публікації, оформлення патентів, нормативних документів, участь у промисловій апробації розробок.

Підбір та аналіз фізико-хімічних властивостей зернових компонентів проведено спільно з к.т.н. Т. І. Янюк, аналіз в'язкісно-швидкісних властивостей водних дисперсій складових компонентів та сумішей морозива – з к.х.н., ст.н.с. Інституту хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАНУ О. В. Гончарук, дослідження стану води у модельних системах і сумішах морозива – разом з к.т.н., пров. наук. співроб. Інституту технічної теплофізики НАНУ В. А. Михайликом та к.х.н., ст.н.с. Інституту хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАНУ В. І. Зарко. ЯМР-спектроскопічні вимірювання проведено спільно з д.х.н., проф. Інституту хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАНУ В. В. Туровим. Вимірювання кріоскопічної температури – разом з к.т.н., доц. М. М. Масліковим. Оброблення зернової сировини на стендовому обладнанні здійснено за консультативної допомоги д.т.н., проф. А. І. Соколенка, мікробіологічні показники – спільно з к.т.н. М. М. Антонюк, математичне опрацювання результатів – з асистентом Н. М. Бреус.

Обговорення, аналіз та узагальнення результатів досліджень проведено спільно з науковим керівником д.т.н., доц. Г. Є. Поліщук.

Експериментальну частину роботи виконано у лабораторіях кафедр технології молока і молочних продуктів, біотехнології і мікробіології, промислової теплоенергетики і холодильної техніки, фізичної та колоїдної хімії, процесів і апаратів, технічної механіки і пакувальної техніки, технології цукру і підготовки води, проблемної науково-дослідної лабораторії НУХТ, а також у лабораторіях відділу теплофізичних та фізико-хімічних досліджень Інституту технічної теплофізики НАНУ, відділу аморфних і структурно впорядкованих оксидів Інституту хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАНУ, лабораторії ЯМР Київського Національного університету ім. Тараса Шевченка.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення дисертації доповідались на МНТК «Сучасні технології та обладнання харчових виробництв» (Тернопіль, 2011 р.), МНТК «Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей» (Київ, НУХТ 2012 р.), IX Міжнародній конференції «Стратегия качества в промышленности и образовании» (Варна-Дніпропетровськ, 2013 р.), 78-79-й Наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів НУХТ (Київ, НУХТ 2012-2013 рр.), II Міжнародній науково-практичній конференції «Продовольчі ресурси: проблеми і перспективи» (Київ, Інститут продовольчих ресурсів НААНУ 2014 р.).

Нові види морозива експоновано на Міжнародній виставці «Сучасна освіта та кар'єра-2011», Міжнародній спеціалізованій виставці «MARKUP HORECA-ICE CREAM & FOOD» (2012 р.) та 10-й Міжнародній виставці «Світ морозива та холоду» & «Молочна і м'ясна індустрія XXI століття» (2013 р.)

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 24 наукових праць, із них 11 статей, з яких 8 – у фахових виданнях, з них 1 – у закордонному виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази даних AGRIS (Російська Федерація), 1 – у міжнародному фаховому виданні (Республіка Беларусь); 9 тез доповідей. За результатами досліджень одержано 1 патент України на винахід, 3 патенти України на корисну модель.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційну роботу викладено на 140 сторінках друкованого тексту. Робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел (219 найменувань на 22 сторінках) та 18 додатків (54 сторінки). Дисертацію ілюстровано 51 рисунком та 35 таблицями.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми, спрямованої на розроблення технології морозива із зародками пшениці, що забезпечують його стабільні фізико-хімічні характеристики. Наведено зв'язок теми з науковими програмами. Сформульовано мету, завдання, об'єкт та предмет досліджень, наукову новизну, практичне значення роботи.

**У першому розділі** «Сучасні тенденції розвитку технології морозива з натуральними структуруючими компонентами» проаналізовано основні чинники впливу на формування та стабілізацію структури морозива як складної дисперсної харчової системи. Виявлено важливу роль поверхнево-активних та структуруючих речовин у складі морозива, зокрема при застосуванні нових видів технологічно-функціональних інгредієнтів, які спроможні виявляти антагонічні або синергічні ефекти зі складовими компонентами продукту. Проведено порівняльний аналіз технологічної ефективності стабілізаторів і стабілізаційних систем, що використовуються у виробництві морозива. Встановлено, що комбінування молочної та рослинної сировини є ефективним інструментом вирішення проблеми нестачі сировини тваринного походження і підвищення поживної та біологічної цінності морозива. Проаналізовано особливості застосування різних видів зернової сировини у складі морозива. Спрогнозовано можливі технологічно-функціональні властивості зародків пшениці (ЗП). На основі аналізу науково-технічної інформації сформульовано завдання, спрямовані на досягнення мети дисертаційних досліджень.

**У другому розділі** «Об'єкти і методи досліджень» обґрунтовано вибір напряму досліджень, розроблено програму експериментальних досліджень, наведено перелік використаної сировини та загальноприйнятих і спеціальних аналітичних і експериментальних методів досліджень.

Спектри ЯМР отримували на ЯМР-спектрометрі високого розподілення (Varian "Mercury") з робочою частотою 400 МГц. В'язкісні характеристики модельних систем та сумішей досліджували методом ротаційної віскозиметрії на віскозиметрі «REOTEST II». Вміст вільної та зв'язаної води визначали методом диференційно-скануючої калориметрії на низькотемпературному мікрокалориметрі ДСМ-2М. Енергію активації протонної провідності води у процесі її релаксації визначали методом термостимульованої деполяризації на приладі СКБ у діапазоні температур 90–265 К. Кріоскопічну температуру сумішей морозива визначали за допомогою вимірювального комплексу, розробленого науковцями НУХТ. Мікроструктуру зразків визначали за допомогою мікроскопа XS-2610 за збільшення x150 та x600. У розділі також наведено технічні характеристики напівпромислового та лабораторного обладнання, застосованого під час проведення досліджень.

У третьому розділі «Дослідження фізико-хімічних і технологічно-функціональних властивостей зародків пшениці» проаналізовано хімічний склад, біологічну цінність і фізичні властивості зародків пшениці. Встановлено, що за часткової заміни сухого знежиреного молока на ЗП амінокислотний баланс морозива не знижується. Відповідно до хімічного складу, ЗП можуть виявляти піноутворюючу, емульгуючу, стабілізуючу, структуруючу та вологозв'язуючу активність. Зважаючи на існуючі рекомендації, для покращення органо-лептичних та мікробіологічних показників ЗП піддавали термічному обробленню за температури 125...130 °С впродовж 15...20 хв, а для підвищення його здатності до набухання попередньо подрібнювали до середніх розмірів часточок 100...150 мкм. Максимальне вологозв'язування виявлено у модельних системах за гідратації ЗП за температури 85 °С упродовж 3...5 хв. Встановлено, що ЗП впливають на поверхневу активність молочних сумішей, знижуючи поверхневий натяг від  $51,3 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$  для молочної суміші без стабілізатора до  $44,0 \dots 48,7 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ , що обумовлює високу піноутворюючу та емульгуючу здатність зернового компонента.

Проведено порівняльний аналіз впливу різних способів теплового та механічного оброблення на структуруючу здатність ЗП у водних суспензіях. Встановлено, що найвагомішими способами підвищення такої здатності ЗП є теплове оброблення за температури 85 °С впродовж 3 хв (рис. 1), гомогенізація за тиску не вище 10 МПа та вакуумування від надлишкового тиску у 3,5 МПа до 0,005 МПа за температури не нижче 60 °С (рис. 2).

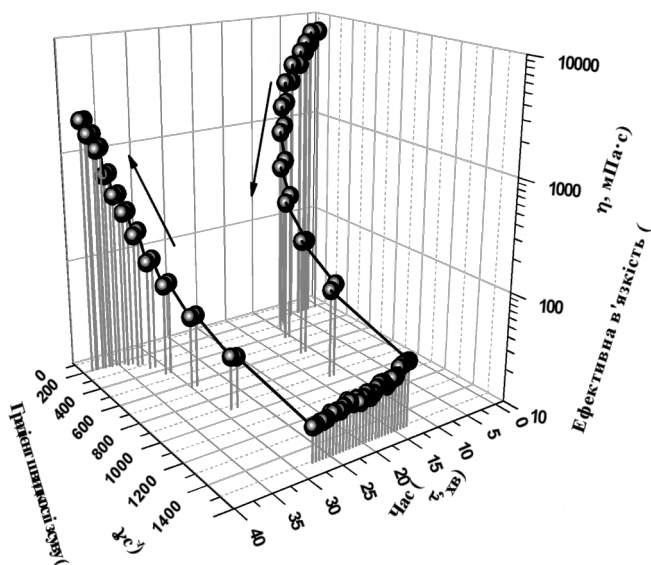
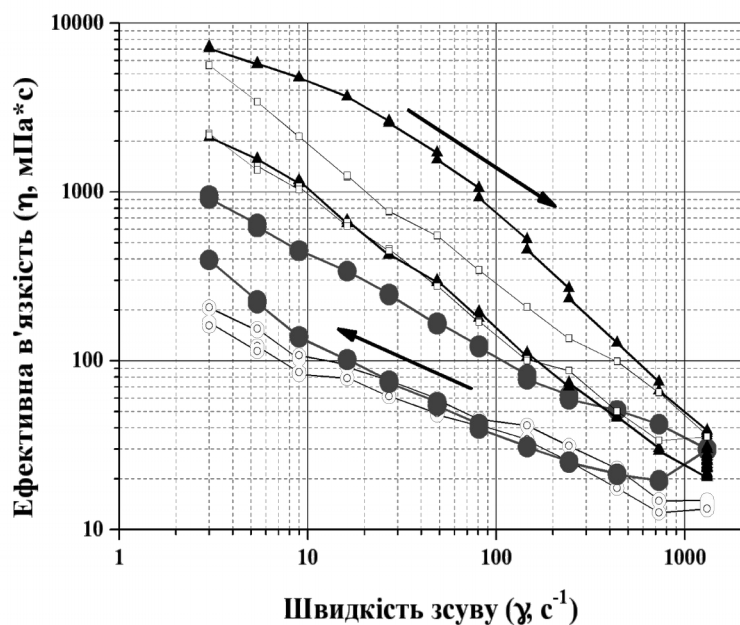


Рисунок 1 – Залежність ефективної в'язкості ( $\eta$ ) від швидкості зсуву ( $\gamma$ ) в часі ( $\tau$ ) для суспензій зародків пшениці, що були піддані тепловому обробленню за температури 85 °С в логарифмічному масштабі

Поясненням ефективного структурування гідратованого зернопродукту за температури теплового оброблення 85 °С може бути клейстеризація крохмалю. Дискретно-імпульсні енергетичні впливи на водні дисперсії ЗП призводять до часткового руйнування макромолекул полісахаридів і білків, а гомогенізація за тиску вище 10 МПа до повного їх руйнування. Для перевірки цього твердження досліджено ефективну в'язкість молочних сумішей із ЗП.

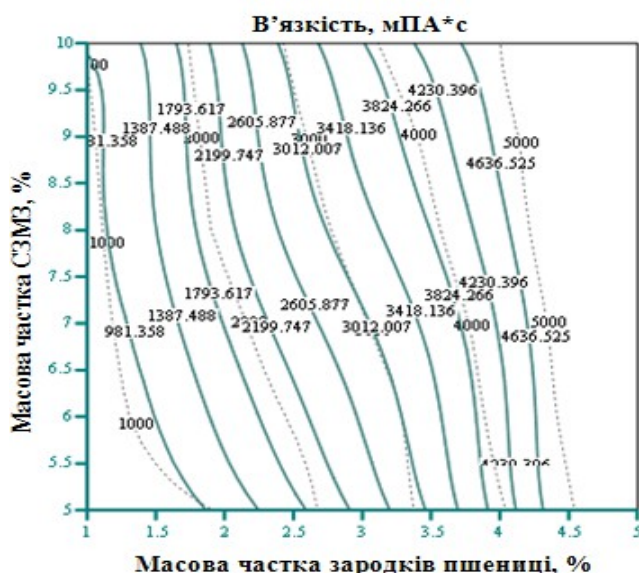




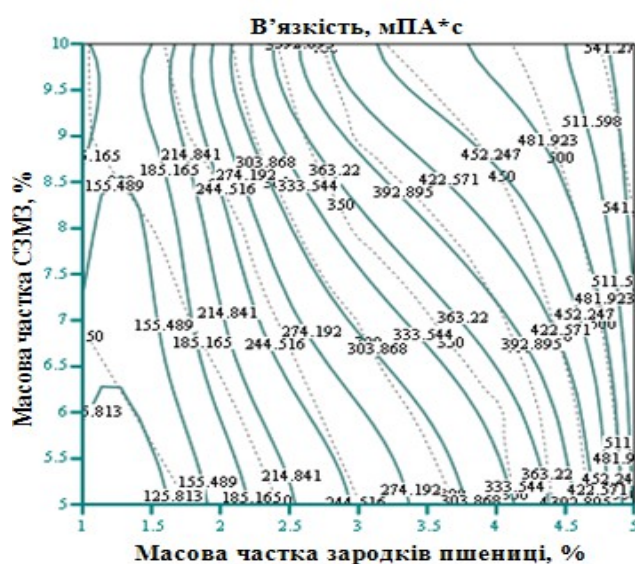
- — контрольний зразок (температура гідратації 45 °С);
- ▲ — зразок підданий пастеризації (температура 85 °С);
- — зразок, підданий гомогенізації (тиск 10 МПа);
- — зразок, підданий вакуумуванню (тиск від 3,5 до 0,005 МПа)

Рисунок 2 – Залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву гідратованого зернопродукту за різних способів попереднього оброблення в логарифмічному масштабі

За отриманими результатами у середовищі пакету MathCad побудовані математичні моделі та розраховані рівняння регресій, що описують зміну ефективної в'язкості молочних сумішей із ЗП практично незруйнованої та відновленої структури за різного вмісту сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) та ЗП (рис. 3). Встановлено, що використання ЗП у кількості 3...4 % у складі морозива на молочній основі забезпечує ефективну в'язкість молочних сумішей після їх відновлення у рекомендованому діапазоні від 400 до 800 мПа·с.



а)



б)

Рисунок 3 – Лінії постійних значень ефективної в'язкості практично незруйнованої (а) та відновленої (б) структури сумішей для морозива молочного із зародками при різному співвідношенні СЗМЗ та зернового компоненту

Методом диференційно-скануючої калориметрії встановлено, що вологозв'язувальна здатність ЗП за підвищення температури їх гідратації з 45 до 85 °С зростає майже на 10 % (з 0,673 до 0,733 г<sub>води</sub>/г<sub>с.р.</sub>), що дозволяє зберегти баланс зв'язаної води у молочних сумішах класичного складу (0,938 г<sub>води</sub>/г<sub>с.р.</sub>). Проте методом термостимульованої деполяризації та <sup>1</sup>H ЯМР-спектроскопії встановлено явне переважання у молочних сумішах із ЗП слабозв'язаної води порівняно з міцнозв'язаною (2,3:1), що доводить доцільність застосування ЗП у поєднанні з іншими активними вологозв'язувальними агентами.

Встановлено, що на тлі сталого хімічного складу молочних сумішей з різними стабілізуючими добавками, найкращим кріопротектором є сучасна стабілізаційна система Cremodan SE 406 (–2,81 °С), а найгіршим – борошно пшеничне (–2,31 °С). Зародки пшениці незначно впливають на кріоскопічну температуру (t<sub>кр</sub>) сумішей, займаючи проміжне місце між сучасною і традиційною стабілізуючими добавками (–2,38 °С), а тому потребують підсилення кріопротекторної здатності. Оскільки найкращими регуляторами t<sub>кр</sub> є низькомолекулярні сполуки, досліджено вплив цукристих речовин та замінників цукру – поліолів (табл. 1) на кріоскопічну температуру молочно-пшеничних сумішей.

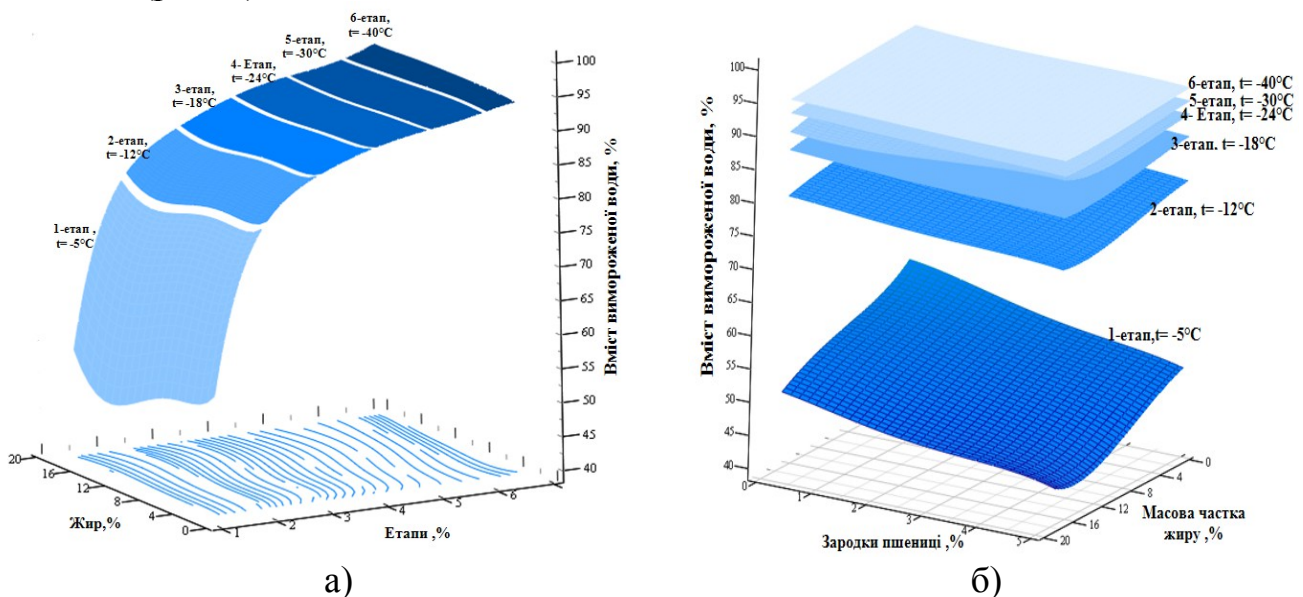
**Таблиця 1 – Кріоскопічна температура сумішей морозива молочного з ЗП за різного ступеня заміни цукру на поліоли**

| Ступінь заміни цукру, % | Масова частка цукру, % | t <sub>кр</sub> , °С |
|-------------------------|------------------------|----------------------|
| мальтитол (100 %)       | -                      | –2,40                |
| мальтитол (75 %)        | 11,63                  | –2,40                |
| мальтитол (50 %)        | 7,75                   | –2,39                |
| мальтитол (25 %)        | 3,88                   | –2,38                |
| ізомальт (100 %)        | -                      | –2,41                |
| ізомальт (75 %)         | 11,63                  | –2,41                |
| ізомальт (50 %)         | 7,75                   | –2,40                |
| ізомальт (25 %)         | 3,88                   | –2,38                |
| сорбіт (100 %)          | -                      | –3,99                |
| сорбіт (75 %)           | 11,63                  | –3,61                |
| сорбіт (50 %)           | 7,75                   | –3,19                |
| сорбіт (25 %)           | 3,88                   | –2,78                |
| ксиліт (100 %)          | -                      | –4,20                |
| ксиліт (75 %)           | 11,63                  | –3,68                |
| ксиліт (50 %)           | 7,75                   | –3,09                |
| ксиліт (25 %)           | 3,88                   | –2,85                |
| еритритол (100 %)       | -                      | –4,46                |
| еритритол (75 %)        | 11,63                  | –4,01                |
| еритритол (50 %)        | 7,75                   | –3,49                |
| еритритол (25%)         | 3,88                   | –2,98                |
| еритритол (20%)         | 3,10                   | –2,86                |
| еритритол (15%)         | 2,33                   | –2,74                |

Встановлено, що внаслідок додаткового зв'язування вільної води моноцукрами за зростаючого ступеня заміни сахарози від 10 до 100 % на інвертний цукор t<sub>кр</sub> молочних сумішей із зародками лінійно знижується від

$-2,55^{\circ}\text{C}$  до  $-3,63^{\circ}\text{C}$ , а у разі застосування поліолів – до  $-4,46^{\circ}\text{C}$ . Поясненням даного технологічного ефекту є різна молекулярна маса багатоатомних спиртів. Врахувавши органолептичне сприйняття готового продукту та умовно рекомендоване значення  $t_{\text{кр}}$  суміші ( $-2,81^{\circ}\text{C}$ ), доведено доцільність часткової заміни сахарози у середньому на 20...30 % редуруючих речовин інвертного сиропу або 25 % сорбіту/ксиліту, або 15...20 % еритритолу. Застосування ізомальту та мальтитолу у складі морозива в якості кріопротекторів неефективне, тому їх варто розглядати лише з позиції замінників цукру. Зважаючи на кріопротекторну здатність, низьку енергетичну цінність, різний ступінь солодкості та високу вартість поліолів порівняно з сахарозою, розроблено їх композиції у поєднанні з достатньо дешевим і ефективним інвертним цукром для низькокалорійних видів морозива з метою повного виключення цукру з рецептур: композиція №1 – «еритритол+інвертний цукор» як 57:43; композиція №2 – «сорбіт+інвертний цукор» як 50:50; композиція №3 – «ізомальт+інвертний цукор» як 44:56; композиція №4 – «мальтитол+інвертний цукор» як 80:20.

Досліджено динаміку виморожування води як одного з найважливіших чинників формування структури морозива за окремими технологічними етапами (рис. 4).



- Етап №1 – температура м'якого морозива наприкінці фризерування ( $-6^{\circ}\text{C}$ ).  
 Етап №2 – порогова температура зберігання загартованого морозива ( $-12^{\circ}\text{C}$ ).  
 Етап №3 – режим зберігання морозива тривалістю до 10 місяців ( $-18^{\circ}\text{C}$ ).  
 Етап №4 – режим зберігання морозива тривалістю до 12 місяців ( $-24^{\circ}\text{C}$ ).  
 Етап №5 – нижня межа загартування морозива безперервним способом ( $-30^{\circ}\text{C}$ ).  
 Етап №6 – верхня межа загартування морозива безперервним способом ( $-40^{\circ}\text{C}$ ).

**Рисунок 4 – Динамічні моделі виморожування води у морозиві за окремими етапами технологічного процесу залежно від вмісту жиру (а) та від вмісту зародків пшениці (б)**

Встановлено, що основна частина вільної води виморожується під час етапу №1 (до 60 %) та етапу №2 (до 85 %). На етапах №3-6 процес виморожування сповільнюється, досягаючи максимуму за верхньої межі загартування безперервним способом – 93...95 %. Отже, дотримання

рекомендованих температурних режимів процесів фризирования та охолодження м'якого морозива із ЗП за вмісту жиру від 0,5 до 7,5 % є надзвичайно важливим чинником формування структури продукту.

У четвертому розділі «Обґрунтування рецептурного складу морозива із зародками пшениці» проведено комплексне дослідження показників якості морозива на молочній основі із зародками пшениці в діапазоні вмісту жиру від 0,5 до 7,5 %. Масову частку ЗП змінювали в діапазоні від 1 до 5 %, а СЗМЗ – від 6 до 14 %.

Встановлено, що рекомендовані значення середнього розміру повітряних бульбашок ( $d \leq 60$  мкм) можна отримати за вмісту ЗП від 1 до 4 % та СЗМЗ- від 7 до 10 %, а високі опір таненню морозива ( $C \geq 41,5$  хв) та збитість ( $S \geq 60$  %) – в діапазоні вмісту ЗП від 2 до 4 % за масової частки СЗМЗ від 7 до 10 % (табл. 2).

**Таблиця 2 – Збитість морозива на молочній основі різного хімічного складу (%)**

| ЗП,<br>%                        | Масова частка СЗМЗ, % |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---------------------------------|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                 | 6                     | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       | 13       | 14       |
| <b>Масова частка жиру 0,5 %</b> |                       |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 1,0                             | 24,3±0,5              | 32,1±0,6 | 40,1±0,8 | 44,3±0,9 | 48,8±1,0 | 50,0±1,0 | 51,4±1,0 | 53,1±1,0 | 54,8±1,1 |
| 2,0                             | 38,0±0,7              | 47,9±1,0 | 58,2±1,1 | 62,6±1,2 | 66,9±1,2 | 67,3±1,3 | 67,8±1,3 | 67,4±1,3 | 67,1±1,3 |
| 3,0                             | 48,5±1,0              | 58,4±1,2 | 68,0±1,3 | 71,8±1,4 | 75,4±1,5 | 75,5±1,5 | 74,7±1,5 | 73,8±1,5 | 72,3±1,4 |
| 4,0                             | 52,0±1,0              | 60,8±1,2 | 69,2±1,4 | 72,0±1,4 | 74,6±1,4 | 74,1±1,5 | 73,8±1,4 | 70,5±1,4 | 65,4±1,3 |
| 5,0                             | 53,7±1,1              | 60,2±1,2 | 67,1±1,3 | 68,7±1,4 | 70,0±1,3 | 68,8±1,4 | 67,2±1,3 | 62,6±1,2 | 61,8±1,2 |
| <b>Масова частка жиру 3,5 %</b> |                       |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 1,0                             | 31,0±0,6              | 37,2±0,7 | 43,2±0,9 | 48,2±1,0 | 53,1±1,0 | 55,6±1,1 | 57,5±1,2 | 58,1±1,2 | 59,0±1,2 |
| 2,0                             | 46,9±0,9              | 53,1±1,1 | 60,6±1,2 | 66,5±1,3 | 71,8±1,4 | 73,1±1,5 | 75,0±1,5 | 73,9±1,5 | 73,1±1,5 |
| 3,0                             | 57,0±1,1              | 64,7±1,3 | 71,7±1,2 | 77,1±1,5 | 82,0±1,6 | 82,7±1,6 | 83,6±1,7 | 80,2±1,6 | 76,3±1,5 |
| 4,0                             | 58,5±1,1              | 65,9±1,3 | 72,6±1,4 | 75,8±1,5 | 79,0±1,6 | 78,4±1,6 | 77,8±1,5 | 72,6±1,5 | 67,7±1,3 |
| 5,0                             | 57,1±1,2              | 63,0±1,2 | 68,4±1,4 | 70,3±1,4 | 72,0±1,4 | 70,5±1,4 | 68,9±1,4 | 64,0±1,3 | 61,3±1,2 |
| <b>Масова частка жиру 7,5 %</b> |                       |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 1,0                             | 33,8±0,7              | 41,8±0,8 | 49,7±1,0 | 56,0±1,1 | 62,9±1,2 | 63,6±1,2 | 64,5±1,2 | 62,1±1,2 | 60,7±1,1 |
| 2,0                             | 47,7±0,9              | 57,3±1,1 | 66,5±1,3 | 70,2±1,4 | 77,2±1,5 | 77,9±1,5 | 78,3±1,6 | 73,6±1,5 | 68,9±1,4 |
| 3,0                             | 58,6±1,2              | 70,1±1,4 | 77,2±1,5 | 82,9±1,6 | 86,4±1,7 | 85,8±1,7 | 85,2±1,7 | 80,5±1,6 | 75,4±1,5 |
| 4,0                             | 57,5±1,2              | 67,2±1,3 | 75,7±1,5 | 74,1±1,5 | 70,8±1,4 | 68,9±1,4 | 67,4±1,3 | 66,8±1,3 | 66,3±1,3 |
| 5,0                             | 55,6±1,1              | 62,5±1,2 | 67,9±1,3 | 65,4±1,3 | 64,4±1,3 | 63,6±1,2 | 62,3±1,2 | 61,2±1,1 | 60,6±1,1 |

Примітка. Рекомендовані значення збитості виділено жирним шрифтом, а співпадіння рекомендованих значень усіх трьох характеристик структури морозива виділено у комірках таблиці сірим кольором

Отримані результати покладено в основу розробки типових рецептур нових видів морозива із зародками пшениці, на основі яких створено оригінальні рецептури при поєднанні з плодово-овочевими наповнювачами, цукристими речовинами та поліолами.

За результатами органолептичної оцінки морозива із ЗП, проведеною за 100-бальною шкалою, зразки продукту із вмістом ЗП 2 % віднесено до вищого гатунку, а морозиво із вмістом зернопродукту 3...4 % – до гатунку екстра, решта – до першого гатунку.

Встановлено, що біологічна цінність морозива молочного із зародками пшениці становить 54,85 %, а енергетична цінність – 143,55 ккал/100 г, що майже на 10% більше порівняно з морозивом молочним, тоді як застосування поліолів дозволяє знизити калорійність готового продукту на 5 %, а в поєднанні з інвертним цукром у складі композицій – до 20 %. Розраховано, що вживання

100 г морозива із зародками пшениці забезпечує добову потребу у білках на 7,54 %, у жирах – на 5,57 %, вуглеводах – на 5,69 %, кальцію – 13,88 %, кобаламіну – 26,23 %, вітаміну Е – 32,06 %.

Встановлено, що жирнокислотний склад морозива молочного із ЗП більше наближений до ідеального жиру, порівняно з морозивом молочним, оскільки вміст поліненасичених жирних кислот у ньому зростає у 2,7 разів.

У п'ятому розділі «Обґрунтування технологічних параметрів виробництва нових видів морозива» уточнено режими гомогенізації, визрівання, фризрування, а також досліджено мікробіологічні показники морозива молочного із зародками пшениці.

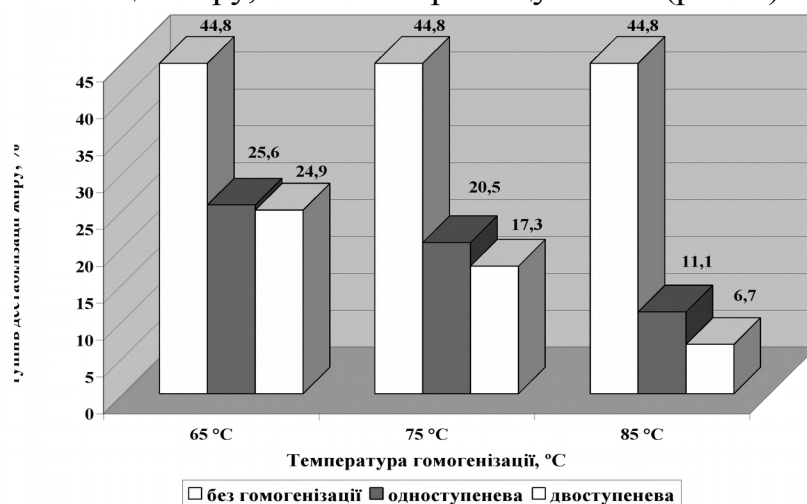
Доведено прийнятність традиційного режиму пастеризації ( $85 \pm 2$  °C із витримкою 3...5 хв) у виробництві морозива молочного із ЗП, за яких відмиваються зміни структурно-механічних властивостей за рахунок ефективного зв'язування вільної води біополімерами зародків пшениці.

Досліджено вплив умов та режимів гомогенізації на суміші в температурному діапазоні від 65 до 85 °C за тиску 15 МПа (табл. 3).

**Таблиця 3 – Середній діаметр жирових кульок у сумішах для морозива залежно від режимів механічного оброблення, мкм**

| Температура, °C | Умови гомогенізації |               |              |
|-----------------|---------------------|---------------|--------------|
|                 | без гомогенізації   | одноступенева | двоступенева |
| 65              | 11,58±0,17          | 2,65±0,04     | 2,58±0,05    |
| 75              | 11,58±0,17          | 2,07±0,03     | 2,06±0,03    |
| 85              | 11,58±0,17          | 2,02±0,03     | 2,00±0,02    |

Встановлено, що найефективнішим видом механічного оброблення молочних сумішей із ЗП є одноступенева гомогенізація за температури 75...85 °C, яка забезпечує рекомендований середній діаметр жирових кульок – 2 мкм. Ефективність обраного режиму підтверджується допустимим у морозиві ступенем дестабілізації жиру, який не перевищує 25 % (рис. 5).



**Рисунок 5 – Вплив умов гомогенізації на ступінь дестабілізації жиру у морозиві**

Для гомогенізації молочних сумішей із ЗП тиск збільшено в середньому на 3...4 МПа згідно з існуючими рекомендаціями для морозива з комбінованим складом сировини.

Досліджено вплив тривалості визрівання на ефективну в'язкість молочних сумішей із ЗП до 24 год за температури  $4 \pm 2$  °С (табл. 4).

**Таблиця 4 – Ефективна в'язкість молочних сумішей із зародками пшениці впродовж визрівання, мПа·с**

| Морозиво                                              | Тривалість визрівання, год |                 |                 |                 |                 |                 |                  |
|-------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
|                                                       | 0                          | 2               | 4               | 6               | 8               | 12              | 24               |
| Ефективна в'язкість практично незруйнованої структури |                            |                 |                 |                 |                 |                 |                  |
| зразок №1                                             | 933,0<br>±14,7             | 2544,2<br>±40,1 | 4086,5<br>±69,3 | 4224,3<br>±75,5 | 4319,1<br>±80,1 | 4506,2<br>±83,4 | 4768,7<br>±88,0  |
| зразок №2                                             | 1042,7<br>±16,2            | 3013,0<br>±45,9 | 5391,2<br>±83,4 | 5498,5<br>±86,1 | 5646,7<br>±90,7 | 5711,8<br>±93,0 | 5972,4<br>±102,5 |
| Ефективна в'язкість відновленої структури             |                            |                 |                 |                 |                 |                 |                  |
| зразок №1                                             | 185,9<br>±3,1              | 276,1<br>±4,6   | 432,5<br>±7,8   | 440,8<br>±8,1   | 449,2<br>±8,5   | 468,1<br>±8,7   | 487,6<br>±9,1    |
| зразок №2                                             | 210,0<br>±3,3              | 317,0<br>±4,7   | 569,4<br>±8,1   | 577,2<br>±8,5   | 586,7<br>±8,7   | 594,3<br>±9,2   | 610,1<br>±10,3   |
| Ефективна в'язкість гранично зруйнованої структури    |                            |                 |                 |                 |                 |                 |                  |
| зразок №1                                             | 3,5<br>±0,1                | 9,9<br>±0,2     | 15,7<br>±0,3    | 16,3<br>±0,3    | 16,8<br>±0,3    | 17,3<br>±0,4    | 18,6<br>±0,4     |
| зразок №2                                             | 3,9<br>±0,1                | 11,4<br>±0,2    | 20,9<br>±0,3    | 21,4<br>±0,4    | 21,8<br>±0,3    | 22,1<br>±0,4    | 23,0<br>±0,4     |

Примітки:

1. Зразок № 1 – морозиво з комбінованим складом сировини із ЗП.
2. Зразок № 2 – морозиво молочне із ЗП.

Отримані результати досліджень підтверджують високу структуруючу здатність ЗП. Вже на 4 год визрівання ефективна в'язкість молочних сумішей із зародками пшениці становила 432,5...569,4 мПа·с, що чітко входить у рекомендований діапазон в'язкості відновленої структури молочних сумішей (400...800 мПа·с). Подальше збільшення тривалості визрівання збільшує ефективну в'язкість на 3...5 %, що є неістотним ефектом при подальшому фризюванні. Таким чином, при виробництві морозива із ЗП технологічну операцію визрівання рекомендовано проводити не менше 4 год.

Встановлено, що найбільша збитість нових видів морозива із ЗП (83,6... 86,4 %) досягається за наступних режимів фризювання: тривалість охолодження сумішей морозива молочного (зразок № 1) 2...3 хв, сумішей морозива з комбінованим складом сировини (зразок № 2) – 3...4 хв. Рекомендована тривалість збивання для обох видів готового продукту становить 3 хв.

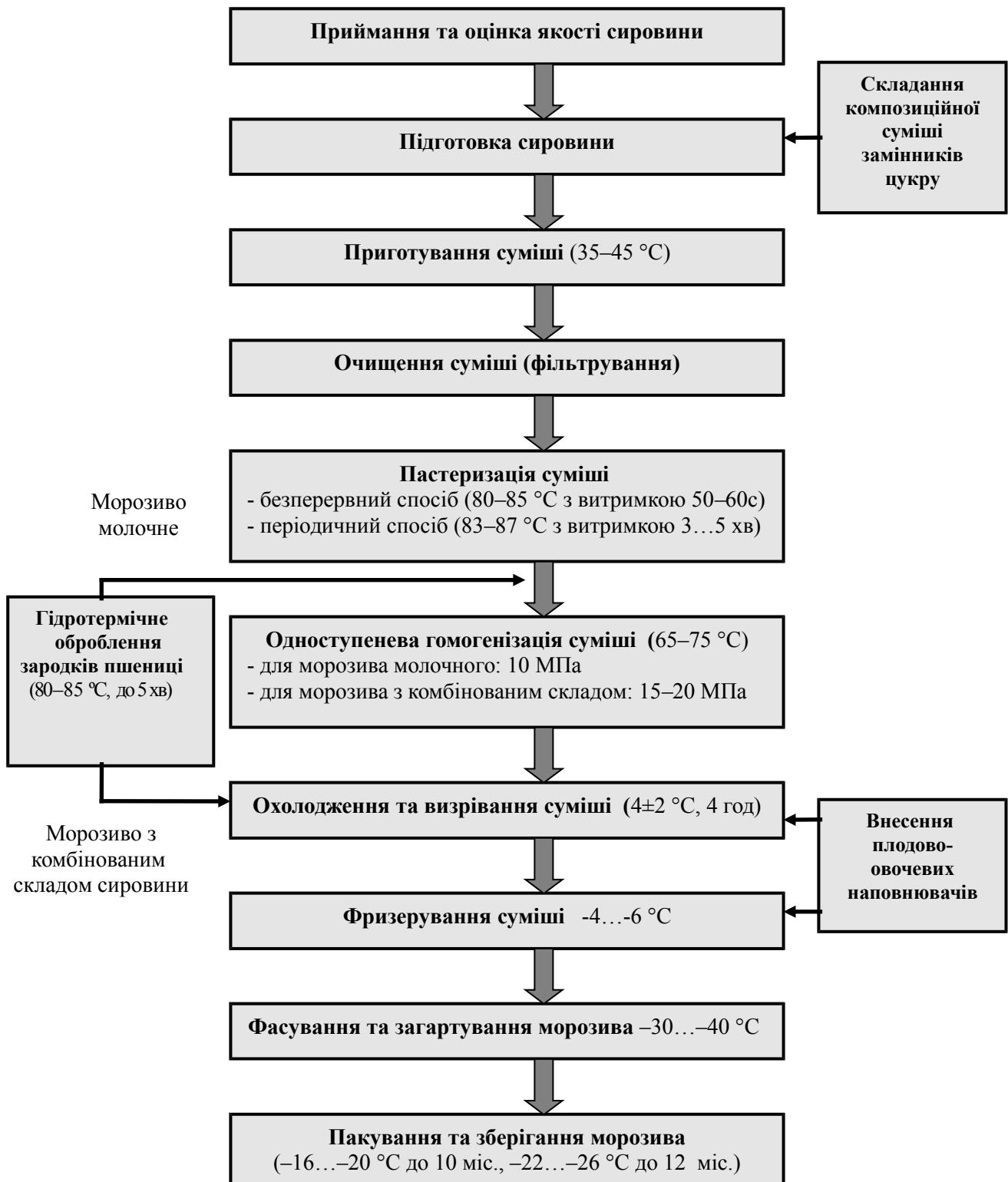
Досліджено бактеріальне забруднення сумішей та морозива молочного на різних етапах періодичного технологічного процесу, яке є максимальним на етапі фризювання.



На підставі порівняльного аналізу мікробіологічних показників морозива різного хімічного складу виявлено, що зернопродукти є джерелом забруднення сумішей плісінню ( $1...2 \times 10^2$ ) та дріжджами ( $1...2 \times 10^2$ ), що підтверджує доцільність їх попереднього смаження.

Виявлено позитивний вплив низькотемпературних режимів зберігання на мікробіологічні показники морозива.

У дисертації наведені типові та оригінальні рецептури нових видів морозива із ЗП, їхні органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні показники якості та біологічну цінність. Опис технологічних процесів виробництва супроводжує технологічна схема, наведена на рис. 6.



## Рисунок 6 – Технологічна схема одержання морозива із зародками пшениці

Особливості технології морозива із зародками пшениці відповідно до рис. 6 наступні:

- введено технологічну операцію з підготовки зернового компонента;
- при виробництві морозива молочного структуруючий компонент вносять на стадії приготування суміші, а при виробництві морозива з комбінованим складом сировини – у гомогенізовану охолоджену молочну суміш перед визріванням;
- гомогенізацію суміші морозива молочного проводять за тиску 10 МПа, а суміші морозива з комбінованим складом сировини – 15...20 МПа за температури не нижче 75 °С;
- тривалість визрівання сумішей має становити не менше 4 год.

Результати роботи пройшли промислову апробацію в умовах провідних підприємств галузі. Доведено соціальну значимість розробки. Розраховано очікувані економічні показники від впровадження нових видів морозива. У додатках дисертації наведено додаткові матеріали досліджень, залежності, допоміжні таблиці, нормативні документи, довідки та акти промислової апробації технологій на провідних підприємствах галузі.

## ВИСНОВКИ

За результатами теоретичних та експериментальних досліджень науково обґрунтовано технологію морозива із зародками пшениці.

1. Науково підтверджено доцільність застосування зародків пшениці у складі морозива для збагачення, часткової заміни молочної сировини, структурування, емульгування, піноутворення, стабілізації, вологозв'язування та протидії зростанню кристалів льоду.

2. Найефективнішими способами підвищення структуруючої здатності зародків пшениці у складі морозива на молочній основі та морозива з комбінованим складом сировини є гідротермічне оброблення за температури 85 °С впродовж 3...5 хв і вакуумування за зміни тиску від 0,35 до 0,005 МПа за температури, не нижчій 60 °С. Тиск гомогенізації гідратованого зернопродукту має становити не вище 10 МПа.

3. Методом диференційно-скануючої калориметрії визначено питомий вміст зв'язаної води для зародків пшениці, який залежно від виду оброблення становить від 0,673 до 0,733 г води на 1 г сухої речовини, а для сумішей – 0,933 г води на 1 г сухої речовини. Методом низькотемпературної <sup>1</sup>H ЯМР-спектроскопії встановлено, що у морозиві молочному із зародками пшениці співвідношення між міцно- та слабозв'язаною водою складає 1:2,3. Використання зародків пшениці у складі морозива зменшує вміст вимороженої води від 52,4 на початку до 94,1 % наприкінці процесу виморожування, що



доводить необхідність додаткового застосування активних волозв'язувальних агентів.

4. Доведено, поліоли та інвертний цукор знижують криоскопічну температуру сумішей за рахунок додаткового зв'язування води за вагомості впливу у такій послідовності: еритритол → ксиліт → сорбіт → інвертний цукор → ізомальт → мальтитол. Розроблено найефективніші композиції «поліол+інвертний цукор», які дають змогу застосовувати низькотемпературне фризювання: «еритритол+інвертний цукор» як 57:43; «сорбіт+інвертний цукор» як 50:50; «ізомальт+інвертний цукор» як 44:56; «мальтитол+інвертний цукор» як 80:20.

5. Встановлено, що використання 3...4 % зародків пшениці забезпечує ефективну в'язкість відновленої структури молочних сумішей із ЗП у межах від 432,5 до 594,3 мПа·с, що чітко входить у рекомендований діапазон структурно-механічної характеристики для молочних сумішей (від 400 до 800 мПа·с).

6. Встановлено, що для морозива молочного та з комбінованим складом сировини в діапазоні МЧЖ від 0,5 до 7,5 % рекомендованим вмістом ЗП є 3...4 %. Одержані результати досліджень покладено в основу розробки типових рецептур нових видів натурального молочного морозива із зародками пшениці, на основі яких запропоновано оригінальні рецептури з плодово-овочевими наповнювачами, цукристими речовинами та поліолами.

7. Для забезпечення якісних характеристик готового продукту слід застосовувати одноступеневу гомогенізацію за температури не нижче 75 °С та тиску 10 МПа для морозива молочного чи 15–20 МПа – для морозива з комбінованим складом сировини. Визрівання сумішей із зародками пшениці можна скорочувати до 4 год за рахунок структуруючої здатності зернового компонента. При використанні фризювальної періодичної дії необхідно застосовувати наступні режими оброблення: тривалість охолодження сумішей морозива молочного 2–3 хв, сумішей морозива з комбінованим складом сировини 3–4 хв; тривалість збивання для обох видів готового продукту становить 3 хв.

8. Встановлено, що мікробіологічні показники сумішей і морозива із зародками пшениці впродовж технологічного процесу та під час зберігання повністю відповідають вимогам чинних стандартів України – ДСТУ 4733:2007 та ДСТУ 4735:2007. Готовий продукт безпечний до споживання.

9. Розроблено технологію морозива із зародками пшениці та 4 проекти нормативної документації на нові види морозива із ЗП. Технологію морозива апробовано на провідних підприємствах молочної промисловості. Економічний ефект від впровадження розробок у разі виробництва 1 т нових видів морозива може скласти становить від 1327,08 грн. до 2148,08 грн., а при річному обсязі виробництва 4000 т від 5 млн. 308,3 тис. грн. до 8 млн. 592,3 тис. грн. у цінах 2014 року.

## СПИСОК ОСНОВНИХ ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні наукові та прикладні результати роботи опубліковані у наукових працях:

1. Дослідження окремих реологічних характеристик гідратованих зародків пшениці як стабілізаторів структури морозива / Г. Є. Поліщук, В. В. Мартич, О. В. Грабовська, Є. І. Ковалевська // Наука та інновації. – 2012. – Т. 8. – № 4. – С. 45–50.

*Особистий внесок здобувача: порівняльний аналіз структуруючої здатності гідратованих зародків пшениці та борошна пшеничного залежно від температури теплового оброблення; підготовка матеріалів до друку.*

2. Дослідження впливу гідротермічного та механічного оброблення на структуруючу здатність зародків пшениці / Г. Є. Поліщук, В. В. Мартич, О. В. Гончарук, В. І. Зарко // Наукові праці НУХТ. – 2012. – № 46. – С. 66–71.

*Особистий внесок: дослідження реологічних характеристик модельних систем зародків пшениці залежно від різних режимів гідротермічного та механічного оброблення, опрацювання та узагальнення експериментальних, підготовка матеріалів до друку.*

3. Полищук Г. Изучение различных способов обработки зародышей пшеницы для повышения их структурирующей способности / Галина Полищук, Виталий Мартич // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 2. – С. 52–57. **(Російська Федерація)**

*Особистий внесок: дослідження структуруючої здатності зародків пшениці залежно від різних способів їх попереднього оброблення, узагальнення результатів досліджень, підготовка матеріалів до друку.*

4. Мартич В. В. Исследование дискретно-импульсных энергетических воздействий на структурирующую способность зародышей пшеницы. / В. В. Мартич, Г. Е. Полищук, Е. В. Гончарук // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2013. – № 2 (15). – С. 50–55. **(Республіка Беларусь)**

*Особистий внесок: опрацювання та узагальнення експериментальних даних щодо впливу різних режимів вакуумування на реологічні характеристики зернового компоненту, підготовка матеріалів до публікації.*

5. Мартич В. В. Дослідження піноутворювальної здатності зародків пшениці у складі морозива молочного / В. В. Мартич, Г. Є. Поліщук, М. І. Сербова // Наука та інновації. – 2013. – Т. 9, № 5. – С. 10–16.

*Особистий внесок здобувача: дослідження поверхневої активності зародків пшениці у складі модельних систем і молочних сумішей, підготовка матеріалів до друку.*

6. Мартич В. В. Дослідження окремих реологічних характеристик сумішей для морозива молочного із зародками пшениці / В. В. Мартич, Г. Є. Поліщук, О. В. Гончарук // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології ім. С. З. Гжицького. – 2013. – Т. 15, № 1 (55). – С. 90–95.

*Особистий внесок здобувача: дослідження структуруючої здатності зародків пшениці у складі морозива молочного; порівняльний аналіз реологічних*

*характеристик молочно-пшеничних сумішей залежно від різного вмісту зернопродукту; підготовка статті до публікації.*

**7.** Мартич В. Дослідження процесу фризирования сумішей морозива з зародками пшениці / Віталій Мартич, Галина Поліщук // Наукові праці НУХТ. – 2014. – № 54. – С. 209–215.

*Особистий внесок здобувача: визначення раціональних режимів фризирования молочно-пшеничних сумішей, підготовка матеріалів до друку.*

**8.** Мартич В. В. Дослідження окремих реологічних характеристик сумішей для морозива молочного із зародками пшениці / В. В. Мартич, Г. Є. Поліщук, М. М. Масліков // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології ім. С. З. Гжицького. – 2014. – Т. 16, № 2 (59). – С. 91–97.

*Особистий внесок здобувача: розроблення композицій поліолів з інвертним цукром, встановлення кореляційного зв'язку між молекулярною масою поліолів та криоскопічною температурою сумішей.*

**9.** Пат. 66633 Україна, МПК А 23 G 9/00. Склад морозива молочно-пшеничного / Поліщук Г. Є., Мартич В. В., Перцевий Ф. В.; заявник і власник Нац. універ. харч. технологій. – № u 201107855; заявл. 22.06.2011; опубл. 10.01.2012, Бюл. №1, 2012.

*Особистий внесок: складання формули та опису корисної моделі; складання розроблених рецептур за нормативними показниками.*

**10.** Пат. 99398 С2 Україна, МПК А 23 G 9/00. Склад морозива молочно-пшеничного / Поліщук Г. Є., Мартич В. В., Перцевий Ф. В.; заявник і власник Нац. універ. харч. технологій. – № а 201107854; заявл. 22.06.2011; опубл. 10.08.2012, Бюл. №15, 2012.

*Особистий внесок: проведення патентного пошуку, складання заявки на патент, формули корисної моделі; оформлення супровідної документації.*

**11.** Пат. 85608 Україна, МПК А 23 G 9/00. Склад морозива молочно-пшеничного / Поліщук Г. Є., Мартич В. В.; заявник і власник Нац. універ. харч. технологій. – № u 201306740; заявл. 29.05.2013; опубл. 25.11.2013, Бюл. №22, 2013.

*Особистий внесок: встановлення оптимальних діапазонів показників якості вироблених зразків морозива, оформлення супровідної документації.*

**12.** Пат. 86344 Україна, МПК А 23 G 9/04. Спосіб виробництва морозива молочно-пшеничного / Іванов С. В., Мартич В. В., Поліщук Г. Є.; заявник і власник Нац. універ. харч. технологій. – № а 201308427; заявл. 04.07.2013; опубл. 25.12.2013, Бюл. №24, 2013.

*Особистий внесок: проведення патентного пошуку, складання формули винаходу, встановлення раціональних режимів виробництва нового виду морозива.*

**13.** Дослідження фізико-хімічних властивостей зернових інгредієнтів як структуроутворювачів у виробництві морозива / Г. Є. Поліщук, В. В. Мартич, Є. І. Ковалевська, Т. І. Янюк // Хранение и переработка зерна. – 2011. – № 6 (144). – С. 56–58.

*Особистий внесок: порівняльний аналіз реологічних характеристик*

*гідратованих зернових інгредієнтів, підготовка матеріалів до публікації.*

**14.**Мартич В. Застосування зернопродуктів у виробництві молочного морозива / Віталій Мартич, Галина Поліщук. // Продукты & ингредиенты. – 2013. – №5 (102). – С.25–27.

*Особистий внесок: проведення аналізу хімічного складу та біологічної цінності зародків пшениці, обґрунтування доцільності застосування зернового інгредієнту у складі морозива молочного, підготовка матеріалів до публікації.*

**15.**Дослідження бактеріальної забрудненості молочних сумішей, молочного та плодово-ягідного морозива / Г. Є. Поліщук, М. М. Антонюк, Л. М. Мацько, В. В. Мартич // Biotechnologia Acta. – 2013. – Vol. 6, № 6. – С. 139–145.

*Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень щодо впливу стабілізаційних компонентів на мікробіологічні показники молочних сумішей, підготовка статті до друку.*

**16.**Поліщук Г. Є. Застосування зернопродуктів для формування і стабілізації структури морозива / Г. Є. Поліщук, О. М. Рибак, В. В. Мартич // Сучасні технології та обладнання харчових виробництв: міжнар. наук.-техн. конф., 29-30 вер. 2011 р. : тези доп. – Тернопіль, 2011. – С. 109.

*Особистий внесок: опрацювання результатів досліджень щодо впливу зернових інгредієнтів на структурування морозива.*

**17.**Полищук Г. Е. Изучение поверхностной активности рецептурных компонентов молочного мороженого / Г. Е. Полищук, Л. М. Мацько, В. В. Мартич // Стратегия качества в промышленности и образовании : IX междунар. конф., 31 мая-7 июня, 2013 г. : тезисы докл. – Варна, 2013. – С 118–120.

*Особистий внесок: дослідження поверхневого натягу сумішей для виробництва морозива молочного з різними стабілізаційними компонентами.*

**18.**Поліщук Г. Є. Визначення поверхневого натягу сумішей для виробництва морозива / Г. Є. Поліщук, М. І. Сербова, В. В. Мартич, Л. М. Мацько // Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей : друга міжнар. наук.-техн. конф., 7 вер. 2013 р. : тези доп. – К., 2013. – С. 109.

*Особистий внесок: порівняльний аналіз питомої поверхневої енергії молочних сумішей різного хімічного складу, підготовка матеріалів до друку.*

**19.**Поліщук Г. Є. Особливості піноутворення та емульгування у сумішах морозива з підвищеним вмістом води / Г. Є. Поліщук, Л. М. Мацько, В. В. Мартич // Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей : друга міжнар. наук.-техн. конф., 7 вер. 2013 р. : тези доп. – К., 2013. – С. 110.

*Особистий внесок: дослідження впливу рецептурних компонентів морозива на його поверхневу активність, підготовка матеріалів до публікації.*

**20.**Поліщук Г. Є. Вплив температурного чинника на ефективну в'язкість сумішей морозива / Поліщук Г. Є., Бреус Н. М., Мартич В. В. // Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей : третя міжнар. наук.-техн. конф., 25-26 бер. 2014 р. : тези доп. – К., 2014. – С. 79–80.

*Особистий внесок: опрацювання результатів досліджень впливу температури на в'язкісно-швидкісні характеристики сумішей морозива.*

**21.** Ефективна в'язкість як регулятор структурування морозива / В. Мартич, Г. Поліщук, Н. Гевчук, Я. Сіденко // Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість, та безпека : міжнар. наук.-техн. конф., 22-23 трав. 2014 р. : тези доп. – К., 2014. – С. 93–95.

*Особистий внесок: встановлення рекомендованого діапазону ефективної в'язкості відновленої структури молочних сумішей різної жирності.*

### АНОТАЦІЯ

Мартич В.В. Розроблення технології морозива із зародками пшениці. – 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, 2014.

Вивчено фізико-хімічні та структурно-механічні властивості, поверхневу активність, а також форми зв'язку з водою зародків пшениці. Обрано раціональні режими та способи їх попереднього оброблення для підвищення структуруючої здатності. Одержано математичні моделі в'язкісно-швидкісних характеристик сумішей молочно-пшеничного морозива та показників якості готового продукту за зміни вмісту СЗМЗ і зародків пшениці. Встановлено, що використання 3...4 % зародків пшениці забезпечує ефективну в'язкість, що входить у рекомендований діапазон структурно-механічних характеристик для молочних сумішей. Встановлено закономірності впливу цукристих речовин та поліолів на кріоскопічну температуру та характер виморожування води у сумішах морозива. Доведено вплив молекулярної маси поліолів на кріоскопічну температуру водної фази морозива. Розроблено нові композиції цукрозамінників.

Розроблено типові рецептури молочного морозива із зародками пшениці. Встановлено раціональні режими одержання нових видів морозива. Побудовано динамічні моделі виморожування вільної води у морозиві за окремими етапами технологічного процесу для всіх груп морозива на молочній основі із зародками пшениці. Досліджено мікробіологічні показники морозива із зародками пшениці. Розроблено нормативну документацію для виробництва нових видів морозива, проведено апробацію наукової розробки в умовах виробництва

**Ключові слова:** морозиво, суміші, зародки пшениці, структурування, піноутворення, в'язкість, реологічні характеристики, фризрування.

### АННОТАЦИЯ

Мартич В.В. Разработка технологии мороженого с зародышами пшеницы. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.04 – технология мясных, молочных продуктов и продуктов из гидробионтов. – Национальный университет пищевых технологий МОН Украины, Киев, 2014.

Исследованы особенности стабилизации структуры мороженого как сложной полидисперсной пищевой системы. На основании проведенного анализа химического состава и биологической ценности зародышей пшеницы доказана целесообразность их применения в составе мороженого.

Изучены физико-химические, структурно-механические свойства, поверхностная активность, а также формы связи с водой зернопродукта в составе гидратированных систем и смесях мороженого.

Установлено, что при частичной замены сухого обезжиренного молока на зерновой компонент аминокислотный баланс продукта не снижается.

Предложены рациональные режимы и способы предварительной обработки зародышей пшеницы для повышения их структурирующей способности – тепловая обработка при температуре 85 °С в течение 3 мин, дискретно-импульсные энергетические воздействия от избыточного давления (3,5 МПа) до вакуума (0,005 МПа) при температуре не ниже 60 °С, гомогенизация при давлении не выше 10 МПа.

Получены математические модели вязкостно-скоростных характеристик смесей молочного мороженого с зародышами пшеницы и показателей качества готового продукта при изменении содержания СОМО и зернового компонента, что дает возможность управлять процессом формирования структуры при заданных условиях производства.

Установлено, что использование 3...4 % зародышей пшеницы обеспечивает эффективную вязкость восстановленной структуры молочных смесей с зародышами пшеницы пределах от 432,5 до 594,3 мПа•с, которая входит в рекомендуемый диапазон структурно-механических характеристик для молочных смесей (от 400 до 800 мПа•с).

Доказано, что введение в состав мороженого зародышей пшеницы, содержащие фрагменты стенок растительных клеток как центров кристаллизации, положительно влияет на процесс образования кристаллов льда вплоть до температурной границы минус 18 °С, что подтверждается полученными динамическими моделями вымороженного воды по отдельным этапам технологического процесса.

Установлено, что согласно классификации Г. Е. Полищук мороженое молочное с зародышами пшеницы относится к мороженому с низким содержанием сильносвязанной воды. С целью предотвращения выше упомянутого недостатка при хранении готового продукта для применения в составе мороженого на молочной основе с ЗП можно рекомендовать частичную или полную замену сахарозы на инвертный сахар и полиолы, что позволяет перекрывать недостаток связывания свободной воды зерновым компонентом.

Установлены закономерности влияния сахаристых веществ и полиолов на криоскопические температуру и характер вымораживания воды в смесях мороженого. Доказано влияние молекулярной массы полиолов на криоскопические температуры водной фазы мороженого. Разработаны 4 новые композиции сахарозаменителей «полиол+инвертный сахар».

Доказано, что зародыши пшеницы существенно влияют на формирование пенной структуры (средний диаметр пузырьков, взбитость) и

формоустойчивость (сопротивление таянию) мороженого на молочной основе и мороженого с комбинированным составом сырья.

Установлено, что для обеспечения высоких качественных показателей мороженого молочного и мороженого с комбинированным составом сырья в диапазоне содержания МЧЖ от 0,5 до 7,5 % рекомендуемым содержанием зернового компонента является 3...4 %. Полученные результаты исследований положены в основу разработки типовых рецептур новых видов натурального молочного мороженого с зародышами пшеницы, на базе которых предложены оригинальные рецептуры с сахаристыми веществами и сахарозаменителями.

Доказано, что процесс созревания молочных смесей с зародышами пшеницы необходимо проводить на протяжении не менее 4 часов при температуре  $4 \pm 2$  °С. Доказано, что для обеспечения качественных характеристик готового продукта следует применять одноступенчатую гомогенизацию при температуре не ниже 75 °С и давлении 10 МПа для мороженого молочного или 15–20 МПа – с комбинированным составом сырья.

Фризерования молочных смесей с зародышами пшеницы можно проводить на фризерах периодического и непрерывного действия. Установлено, что для обеспечения высокой взбитости продолжительность фризерования для мороженого молочного должна составлять не менее 5 мин, а для мороженого с комбинированным составом сырья – не менее 6 мин. Для снижения себестоимости готового продукта рекомендуется изготавливать молочное мороженое с частичной заменой СОМО на зародыши пшеницы не более 3 %.

На основе проведенного сравнительного анализа микробиологических показателей мороженого подтверждена целесообразность обжаривания зародышей пшеницы.

Разработаны 4 проекта нормативной документации для производства мороженого с зародышами пшеницы. Проведена научно-промышленная апробация научной разработки на ООО «Элит», ООО «Бердичевская фабрика мороженого» и на ООО «Ла Джелатерия».

**Ключевые слова:** мороженое, смеси, зародыши пшеницы, структурирование, пенообразование, вязкость, реологические характеристики, фризерование.

## SUMMARY

Martich V. V. The development of technology of ice cream with wheat germ. – Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.18.04 – Technology of meat, dairy and aquatic organism products. – National University of Food Technologies MESYS of Ukraine, Kyiv, 2014.

It was studied physical and chemical and structural and mechanical properties, surface activity, as well as forms of connection of wheat germs with water. It was selected the rational modes and methods of their pre-processing for the increase of structuring ability. It was obtained mathematical models of viscosity and speed characteristics of mixtures of milk and wheat ice-cream and quality indicators of ready-made products when changing the content of MSNF (milk solids non-fat) and

wheat germs. It was defined that use of 3...4 % of wheat germs ensures effective viscosity, that falls within recommended range of structural and mechanical characteristics for milk mixtures. It was defined the principles of influence of sweetening agents and polyols on cryoscopic temperature and character of water phase of ice cream. It was developed new compositions of sweeteners.

It was developed typical recipes of milk ice cream with wheat germs. It was defined rational modes of obtaining new kinds of ice cream. It was built dynamic models of freezing out the free water in the ice cream based on separate stages of technological process for all groups of ice cream on milk base with wheat germs. It was studied microbiological indicators of ice cream with wheat germs. It was developed normative documents for production of new kinds of ice cream, carried out approbation of scientific research results in production environment.

**Key words:** ice cream, mix, wheat germ, structuring, foaming, viscosity, rheological properties, freezing.