

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет харчових наук, нутриціології та управління якістю

ПОГОДЖЕНО

**В.о. декана факультету харчових наук,
нутриціології та управління якістю**

_____ Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

«_____» _____ 2026 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**В.о. завідувача кафедри технології
м'ясних, рибних та морепродуктів**

_____ Олександр САВЧЕНКО

«_____» _____ 2026 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Удосконалення технології десертів з функціональними
властивостями»**

Спеціальність **181 «Харчові технології»**

Освітня програма **«Нутриціологія»**

Орієнтація освітньої програми **освітньо-наукова**

Гарант освітньої програми

к.т.н., доцент

_____ Людмила ТИЩЕНКО

Керівники магістерської роботи

д.т.н., професор

_____ Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

доктор філософії

_____ Максим РЯБОВОЛ

Виконав

_____ Богдан КАРЗЮК

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет харчових наук, нутриціології та управління якістю

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри технології
м'ясних, рибних та морепродуктів

_____Олександр САВЧЕНКО

«_____» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ**

Карзюку Богдану Віталійовичу

Спеціальність 181 «Харчові технології»

Освітня програма «Нутриціологія»

Програма підготовки Освітньо-наукова

Тема магістерської роботи «Удосконалення технології десертів з функціональними властивостями»

Затверджена наказом ректора НУБіП України від “25” листопада 2024 р. № 2093 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 10. 06. 2025 р

Вихідні дані до магістерської роботи; десертів з функціональними властивостями, хімічний склад рослинної сировини.

Перелік питань, що підлягають дослідженню: огляд літературних джерел; організація, об'єкти, предмети і методи досліджень; результати дослідження та їх аналіз; висновки; список використаної літератури.

Дата видачі завдання “14” квітня 2025 р.

Керівники магістерської роботи

д.т.н., професор

_____ Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

доктор філософії

_____ Максим РЯБОВОЛ

Завдання прийняв до виконання

_____ Богдан КАРЗЮК

РЕФЕРАТ

Магістерська робота виконана згідно із завданням на тему: «Удосконалення технології десертів з функціональними властивостями».

Метою магістерської роботи є удосконалення технології низькокалорійних десертів функціонального призначення, збагачених пребіотичними харчовими волокнами та природними рослинними екстрактами з антиоксидантними властивостями, з метою підвищення харчової, біологічної цінності та покращення функціонально-технологічних характеристик готової продукції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести аналіз наукових джерел щодо сучасних тенденцій створення функціональних десертних продуктів та використання пребіотичних інгредієнтів і природних антиоксидантів у харчових технологіях.
2. Обґрунтувати доцільність використання молочної основи для створення десертів функціонального призначення зі зниженою калорійністю.
3. Дослідити можливість використання пребіотичних харчових волокон та рослинних екстрактів як функціональних інгредієнтів у технології десертної продукції.
4. Розробити рецептури функціональних десертів із використанням інуліну, полідекстрази, псиліуму та рослинних екстрактів, багатих на антиоксидантні сполуки.
5. Визначити фізико-хімічні, реологічні, органолептичні та мікробіологічні показники розроблених зразків продукції.
6. Провести оцінку харчової та біологічної цінності контрольного і дослідних зразків десертів.
7. Встановити вплив пребіотичних волокон і рослинних екстрактів на структурно-механічні та функціонально-технологічні властивості готового продукту.

8. Розрахувати техніко-економічні показники та обґрунтувати доцільність впровадження удосконаленої технології у виробництво.

Об'єкт дослідження: технологія виробництва функціональних низькокалорійних десертів.

Предмет дослідження: рецептурний склад, технологічні параметри, реологічні та якісні показники десертів, збагачених пребіотичними волокнами та рослинними антиоксидантними екстрактами.

Методи дослідження: фізико-хімічні, мікробіологічні, органолептичні, реологічні та математико-статистичні методи аналізу.

Магістерська робота складається зі вступу, огляду літератури, матеріалів та методів досліджень, результатів власних досліджень, аналізу та узагальнення отриманих результатів, висновків і списку використаних джерел.

Магістерська робота виконана на 45 сторінках друкованого тексту, містить 5 таблиць і 1 рисунок. Список використаних джерел налічує 39 найменувань.

Ключові слова: функціональні десерти, пребіотичні волокна, інулін, полідекстроза, рослинні екстракти, антиоксиданти, низькокалорійні продукти, реологічні властивості, функціональні харчові продукти.

ЗМІСТ

	Стор
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1 Сучасні тенденції розвитку функціональних молочних продуктів	9
1.2. Використання пребіотичних волокон у технології молочних десертів	12
1.3 Рослинні екстракти як джерело антиоксидантів	15
1.4. Перспективи створення низькокалорійних функціональних десертів	18
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	22
2.1 Матеріал дослідження	22
2.2 Методи досліджень	23
2.3 Предмет і об'єкт дослідження	25
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	27
3.1 Розроблення технології низькокалорійного молочного десерту	27
3.2. Проведення сенсорної оцінки розробленого продукту	28
3.3 Аналіз експериментів з D-оптимальною сумішшю, оптимізація та валідація моделі	29
3.4 Дослідження кольору продукту	31
3.5 Дослідження антиоксидантних властивостей	33
3.6 Дослідження реологічних показників	35
РОЗДІЛ. 4. ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ДЕСЕРТІВ З ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	38
4.1. Техніко-економічне обґрунтування виробництва десертів з функціональними властивостями	38
ВИСНОВКИ	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	43

ВСТУП

Сьогодні діабет вважається одним із найважливіших і найсерйозніших хронічних захворювань. Його глобальне поширення досягло масштабів епідемії, і прогнозується, що до 2045 року кількість людей, які страждають на це захворювання, зросте приблизно до 783 мільйонів у світі. Однією з причин діабету є ожиріння та споживання висококалорійної їжі, тому попит на виробництво та споживання продуктів з низьким глікемічним індексом зростатиме (Sun et al., 2022). Сьогодні використання нових технологій у харчовій промисловості сприяє виробництву харчових продуктів з більшою користю для здоров'я, таких як функціональні продукти. У розробці здорових та корисних харчових продуктів вибір початкової харчової матриці є дуже важливим. Молочні десерти здаються гарним вибором для розробки здорових продуктів, оскільки вони широко споживаються різними віковими групами у всьому світі. З іншого боку, споживання цих продуктів безпосередньо пов'язане з сенсорними та харчовими властивостями десертів (Farias et al., 2019 ; Osborn & Sinn, 2007). Стає дедалі очевиднішим, що надмірне споживання продуктів харчування та напоїв з високим вмістом цукру відіграє важливу роль у збільшенні кількості випадків надмірної ваги, ожиріння та хронічних захворювань, таких як діабет, метаболічний синдром, серцево-судинні захворювання та гіпертонія. Заміна цукру низькокалорійними/безкалорійними високоінтенсивними підсолоджувачами може бути потенційно хорошим рішенням для зменшення цих розладів. Сукралоза, стевія, сахарин, аспартам, ацесульфам калію та неотам є найважливішими високоінтенсивними підсолоджувачами. Найбільшим недоліком цих підсолоджувачів є те, що, на відміну від цукрів, вони не можуть створити належної текстури та консистенції в продуктах харчування, і їх поєднання зі спиртовими цукрами, такими як сорбіт, може бути хорошим рішенням цієї проблеми.

Серед пребіотичних та харчових волоконних сполук інулін та полідекстроза відомі як одні з найважливіших функціональних харчових інгредієнтів, обидва з яких є неперетравлюваними полісахаридами та розчинними харчовими волокнами (Fakhri et al., 2023). Їх обмежена засвоюваність у тонкому кишечнику та ферментація в товстій кишці мають профілактичний ефект проти росту патогенів та шкідливих мікроорганізмів, а також посилюють відчуття ситості (Gibson et al., 2017). З іншого боку, ці сполуки мають технологічні переваги та можуть виступати заміниками жиру або цукру в харчових рецептурах, впливаючи на фізико-хімічні, реологічні, органолептичні та текстурні властивості кінцевого продукту (Costa et al., 2019).

Екстракти імбиру та кориці мають унікальний смак та антиоксидантні властивості, які широко використовуються в харчових продуктах. Антиоксидантні властивості імбиру пов'язані з фенольними фітохімічними сполуками, такими як гінгерол, шогоал та гексагідрокуркумін. Шогоал є основною сполукою, що відповідає за гострий смак імбиру, який також має серцево-захисні властивості завдяки своїм антикоагулянтним властивостям. Свіже кореневище імбиру містить гінгерол, який після сушіння перетворюється на зінгерон, шогоал тощо, з різним рівнем антиоксидантних та протизапальних властивостей (Bandyopadhyay et al., 2008).

Екстракт кори кориці містить широкий спектр летких сполук, таких як циннамальдегід, евгенол, ліналоол та лімонен. Фітохімічні речовини, отримані з кориці, широко використовуються в традиційній медицині всього світу з давніх часів і досі мають медичне значення. Кориця широко використовується в традиційних продуктах харчування та напоях завдяки своєму унікальному смаку, а нещодавно її антимікробні та антиоксидантні властивості використовуються для лікування грипу, пригнічення проліферації ракових клітин, захисту від серцевих захворювань, зменшення запалення та покращення метаболізму глюкози. Було заявлено, що екстракт кориці може

посилювати дію інсуліну та функцію рецепторів інсуліну (Abdelwahab et al., 2017).

Наскільки нам відомо, комбінований вплив пребіотика (інуліну та полідекстрази) та низькокалорійного підсолоджувача сукралоза-сорбітол на сенсорні та реологічні властивості молочних десертів не досліджувався.

Ця дослідницька робота мала на меті створити функціональні низькокалорійні молочні десерти з оптимальними сенсорними та реологічними властивостями, які мають три сприятливі та корисні для здоров'я властивості, включаючи низьку калорійність, високий вміст клітковини та пребіотиків, а також високі антиоксидантні властивості. Для оптимізації та досягнення цієї мети в рецептурі, заснованій на методі змішаного дизайну, були використані підсолоджувачі сукралоза-сорбітол, пребіотичні волокна інулін та полідекстроза, а також екстракти кориці та імбиру.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Сучасні тенденції розвитку функціональних молочних продуктів

Одним із найбільш перспективних напрямів сучасної харчової науки та промисловості є створення функціональних харчових продуктів, які здатні не лише забезпечувати організм людини основними нутрієнтами, а й виконувати профілактичну та оздоровчу функції. В умовах погіршення екологічної ситуації, зростання рівня стресу, малорухливого способу життя та поширення аліментарно-залежних захворювань особливої актуальності набуває розроблення продуктів, що сприяють підтриманню здоров'я населення та підвищенню якості життя.

Відповідно до сучасних наукових підходів, функціональними вважаються продукти, які містять фізіологічно активні інгредієнти та при регулярному споживанні позитивно впливають на окремі функції організму людини, покращують обмінні процеси, зміцнюють імунітет та знижують ризик розвитку хронічних неінфекційних захворювань. До таких інгредієнтів належать пробіотики, пребіотики, харчові волокна, антиоксиданти, поліненасичені жирні кислоти, вітаміни, мінеральні речовини та біологічно активні сполуки рослинного походження.

Особливе місце серед функціональних продуктів займають молочні десерти, що обумовлено їх високою харчовою цінністю, добрими органолептичними властивостями, високим рівнем засвоюваності та популярністю серед споживачів різних вікових груп. Молочна основа є сприятливим середовищем для введення функціональних інгредієнтів, а також дозволяє створювати продукти із заданими властивостями та прогнозованим фізіологічним ефектом.

У сучасних умовах розвитку ринку харчових продуктів спостерігається тенденція до збільшення попиту на низькокалорійні десертні продукти зі зниженим вмістом цукру та жиру. Це пов'язано зі значним поширенням ожиріння, цукрового діабету II типу, серцево-судинних захворювань,

метаболічного синдрому та інших патологій, пов'язаних із нераціональним харчуванням. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, надлишкове споживання цукру та насичених жирів є одним із ключових факторів ризику розвитку неінфекційних захворювань, що стимулює науковців та виробників до пошуку альтернативних технологічних рішень.

Одним із найбільш перспективних напрямів у технології функціональних молочних продуктів є використання пребіотичних харчових волокон. Пребіотики являють собою неперетравлювані компоненти їжі, які вибірково стимулюють ріст і активність корисної мікрофлори кишечника. Найбільш поширеними пребіотичними інгредієнтами у виробництві молочних десертів є інулін, полідекстро́за, фруктоолігосахариди та пси́ліум.

Інулін є одним із найважливіших функціональних інгредієнтів сучасної харчової промисловості. Його використання дозволяє не лише підвищити вміст харчових волокон у продукті, а й покращити текстурні характеристики десертів. Завдяки здатності формувати кремоподібну структуру інулін часто застосовується як частковий заміник жиру, що особливо важливо під час створення низькокалорійних молочних продуктів. Крім того, інулін позитивно впливає на мінеральний обмін, сприяючи кращому засвоєнню кальцію та магнію.

Полідекстро́за також активно використовується у технології функціональних десертів як низькокалорійний структуроутворювач і джерело харчових волокон. Її внесення сприяє покращенню консистенції продукту, підвищенню стабільності структури та зменшенню калорійності готової продукції. У поєднанні з інуліном полідекстро́за дозволяє формувати збалансовані за текстурою та органолептичними показниками молочні системи.

Важливим напрямом розвитку функціональних молочних десертів є використання природних рослинних екстрактів із високою антиоксидантною активністю. У сучасних наукових дослідженнях значна увага приділяється екстрактам чорниці, журавлини, граната, зеленого чаю, обліпихи,

виноградних кісточок та інших рослинних джерел поліфенольних сполук. Поліфеноли мають здатність нейтралізувати вільні радикали, пригнічувати процеси перекисного окиснення ліпідів та проявляти виражені антиоксидантні властивості.

Встановлено, що регулярне споживання продуктів, збагачених антиоксидантами, сприяє профілактиці серцево-судинних захворювань, уповільненню процесів старіння, зміцненню імунної системи та зниженню ризику розвитку онкологічних патологій. Крім того, рослинні екстракти здатні покращувати органолептичні властивості молочних десертів, надаючи їм привабливого кольору, смаку та аромату.

Однією з актуальних проблем під час створення функціональних молочних продуктів є забезпечення стабільності структури та оптимальних реологічних характеристик готової продукції. Молочні десерти належать до складних багатокомпонентних дисперсних систем, у яких важливу роль відіграють міжмолекулярні взаємодії між білками, полісахаридами, жировими компонентами та водною фазою. Введення пребіотичних волокон і рослинних екстрактів може суттєво впливати на в'язкість, консистенцію, стабільність та здатність продукту до структуроутворення.

Дослідження реологічних властивостей функціональних десертів свідчать, що більшість таких систем характеризуються псевдопластичним типом течії, при якому уявна в'язкість зменшується зі збільшенням швидкості зсуву. Подібні властивості є технологічно та споживчо бажаними, оскільки забезпечують стабільність структури продукту під час зберігання та комфортне споживання.

Сучасні тенденції розвитку функціональних молочних продуктів свідчать про необхідність комплексного підходу до формування рецептурного складу. Особливого значення набуває поєднання низької калорійності, високої харчової та біологічної цінності, стабільних реологічних характеристик і високих органолептичних показників. Саме тому дослідження, спрямовані на оптимізацію складу низькокалорійних молочних десертів із використанням

пребіотичних волокон та природних антиоксидантних рослинних екстрактів, є актуальними та мають важливе наукове і практичне значення.

1.2. Використання пребіотичних волокон у технології молочних десертів

Одним із найбільш актуальних напрямів розвитку сучасної харчової промисловості є використання функціональних інгредієнтів, здатних не лише підвищувати харчову цінність продуктів, а й забезпечувати профілактичний та оздоровчий ефект. Особливе місце серед таких компонентів займають пребіотичні харчові волокна, які активно застосовуються у технології функціональних молочних десертів. Їх використання дозволяє формувати продукти зі зниженою калорійністю, покращеними структурно-механічними характеристиками та підвищеною фізіологічною цінністю.

Пребіотики являють собою неперетравлювані харчові інгредієнти, які вибірково стимулюють ріст і метаболічну активність корисної мікрофлори кишечника, зокрема біфідо- та лактобактерій. У результаті цього покращується функціональний стан шлунково-кишкового тракту, активізуються процеси травлення, підвищується імунний статус організму та нормалізується мікробіом кишечника. Регулярне споживання пребіотичних компонентів сприяє також зниженню ризику розвитку ожиріння, цукрового діабету II типу, серцево-судинних та інших аліментарно-залежних захворювань.

У технології молочних десертів найбільш поширеними пребіотичними інгредієнтами є інулін, фруктоолігосахариди, полідекстроза, псиліум та різні види харчових волокон зернового походження. Кожен із цих компонентів характеризується специфічними технологічними та функціональними властивостями, що обумовлює їх широке використання у виробництві низькокалорійних та функціональних продуктів.

Інулін є одним із найважливіших пребіотичних компонентів сучасної харчової промисловості. За хімічною природою він належить до фруктанів та

складається переважно із залишків фруктози. Основними джерелами інуліну є цикорій, топінамбур, часник, цибуля та інші рослинні культури. Значна увага до інуліну зумовлена не лише його пребіотичними властивостями, а й здатністю позитивно впливати на текстурні характеристики харчових систем.

У молочних десертах інулін широко використовується як частковий заміник жиру. Завдяки здатності утворювати гелеподібні структури він формує кремоподібну консистенцію, яка за сенсорними властивостями наближається до жирової фази. Це дозволяє значно знижувати калорійність продукту без суттєвого погіршення його органолептичних характеристик. Крім того, інулін сприяє покращенню стабільності структури десертів, зменшує синерезис та підвищує вологоутримувальну здатність системи.

Встановлено, що внесення інуліну позитивно впливає на реологічні властивості молочних десертів. Зі збільшенням концентрації інуліну спостерігається підвищення в'язкості продукту та формування більш стабільної просторової структури. Це має важливе технологічне значення під час виробництва низькожирних десертів, оскільки зменшення жирової фази часто супроводжується погіршенням текстури та консистенції продукції.

Не менш перспективним функціональним інгредієнтом є полідекстроза — низькокалорійний полімер глюкози, який широко використовується як структуроутворювач, стабілізатор та джерело харчових волокон. Полідекстроза характеризується високою вологоутримувальною здатністю, добрими технологічними властивостями та нейтральним смаком, що робить її ефективним компонентом молочних десертів.

Використання полідекстрази дозволяє знижувати енергетичну цінність продукту та одночасно підтримувати необхідну густину і стабільність структури. У низькокалорійних молочних десертах полідекстроза часто застосовується у поєднанні з інуліном, оскільки така комбінація забезпечує синергічний ефект щодо формування текстури продукту. Дослідження свідчать, що поєднання інуліну та полідекстрази сприяє створенню стабільних

дисперсних систем зі зниженою масовою часткою жиру та покращеними реологічними характеристиками.

Важливим аспектом використання полідекстрази є її позитивний вплив на сенсорні властивості готової продукції. Вона забезпечує відчуття «повноти» смаку та покращує консистенцію десертів, що особливо актуально у технології продуктів зі зниженим вмістом цукру та жиру. Крім того, полідекстроза сприяє стабілізації водної фази та запобігає виділенню сироватки під час зберігання.

Останніми роками значну увагу приділяють використанню псиліуму та рослинних харчових волокон у технології молочних продуктів. Псиліум являє собою оболонки насіння подорожника, які характеризуються високою здатністю до набухання та утворення в'язких гелів. Завдяки цим властивостям псиліум позитивно впливає на структурно-механічні характеристики молочних десертів, підвищує їх в'язкість та покращує стабільність структури.

Встановлено, що внесення псиліуму сприяє підвищенню вологоутримувальної здатності продукту та зниженню синерезису під час зберігання. Крім того, псиліум має виражені фізіологічні властивості: сприяє нормалізації роботи кишечника, знижує рівень холестерину та позитивно впливає на глікемічний профіль організму.

У технології функціональних молочних десертів також активно використовуються харчові волокна зернового походження, зокрема вівсяні, пшеничні та житні волокна. Вони є джерелом нерозчинних та частково розчинних харчових волокон, які здатні покращувати текстурні характеристики продуктів, стабілізувати структуру та підвищувати біологічну цінність готової продукції.

Особливу увагу науковців привертає здатність харчових волокон впливати на реологічні властивості молочних систем. Введення волокон призводить до формування більш щільної просторової структури, підвищення ефективної в'язкості та стабільності дисперсної системи. Це має важливе

значення для забезпечення високої якості десертної продукції протягом усього терміну зберігання.

Таким чином, використання пребіотичних волокон у технології молочних десертів є перспективним напрямом сучасної харчової науки. Поєднання функціональних та технологічних властивостей інуліну, полідекстрози, псиліуму та інших харчових волокон дозволяє створювати низькокалорійні молочні продукти з високими органолептичними показниками, стабільною структурою та вираженими оздоровчими властивостями. Це обумовлює доцільність подальших досліджень щодо оптимізації рецептурного складу функціональних молочних десертів та вивчення їх реологічних характеристик.

1.3 Рослинні екстракти як джерело антиоксидантів

У сучасних умовах розвитку харчових технологій особливого значення набуває використання природних рослинних компонентів, здатних не лише покращувати органолептичні властивості продуктів, а й забезпечувати виражений фізіологічний ефект. Одним із найбільш перспективних напрямів є застосування рослинних екстрактів із високою антиоксидантною активністю у технології функціональних молочних продуктів. Це пов'язано зі зростанням зацікавленості споживачів у натуральних інгредієнтах та підвищенням попиту на продукти оздоровчого призначення.

Рослинні екстракти є концентрованими джерелами біологічно активних речовин, серед яких особливе місце займають поліфенольні сполуки, флавоноїди, антоціани, дубильні речовини, органічні кислоти, каротиноїди та вітаміни. Найбільш поширеними джерелами природних антиоксидантів є ягоди, фрукти, лікарські рослини, зелений чай, виноградні кісточки, гранат, чорниця, журавлина, обліпиха, чорна смородина та інші рослинні матеріали.

Особливий інтерес у технології функціональних молочних десертів викликають ягідні екстракти, які характеризуються високим вмістом антоціанів та поліфенольних сполук. Антоціани є природними пігментами, що надають ягодам характерного червоного, синього або фіолетового

забарвлення та одночасно проявляють виражені антиоксидантні властивості. Встановлено, що екстракти чорниці, журавлини та чорної смородини здатні ефективно пригнічувати процеси перекисного окиснення ліпідів та нейтралізувати вільні радикали.

Поліфенольні сполуки відіграють важливу роль у підтриманні антиоксидантного захисту організму людини. Їх дія полягає у здатності зв'язувати активні форми кисню, пригнічувати утворення вільних радикалів та стабілізувати клітинні мембрани. Внаслідок цього знижується інтенсивність окиснювального стресу, який є одним із ключових механізмів розвитку багатьох хронічних захворювань.

Наукові дослідження свідчать, що регулярне споживання продуктів, збагачених природними антиоксидантами, сприяє профілактиці серцево-судинних захворювань, онкологічних патологій, цукрового діабету, а також нейродегенеративних процесів. Крім того, антиоксиданти позитивно впливають на імунну систему, уповільнюють процеси старіння організму та сприяють покращенню функціонального стану клітин.

У технології молочних десертів значне поширення отримали екстракти зеленого чаю, які містять високу концентрацію катехінів — потужних природних антиоксидантів. Катехіни характеризуються здатністю пригнічувати окиснювальні процеси, проявляти протизапальні властивості та позитивно впливати на обмін речовин. Водночас використання екстракту зеленого чаю дозволяє формувати специфічний смако-ароматичний профіль продукту та підвищувати його функціональну цінність.

Перспективним напрямом є також використання екстракту виноградних кісточок, який є джерелом проантоціанідинів. Дані сполуки характеризуються високою антиоксидантною активністю та здатністю захищати клітини організму від дії вільних радикалів. Крім того, екстракт виноградних кісточок позитивно впливає на стабільність жирової фази молочних продуктів та сприяє уповільненню процесів окисного псування.

Важливе місце серед функціональних інгредієнтів займають екстракти обліпихи та граната. Обліпиха є джерелом каротиноїдів, токоферолів, аскорбінової кислоти та фенольних сполук, що забезпечують її високу антиоксидантну активність. Гранатові екстракти містять елагову кислоту, антоціани та таніни, які характеризуються вираженими біологічними властивостями та здатністю пригнічувати окиснювальні процеси.

Крім фізіологічного значення, рослинні екстракти суттєво впливають на органолептичні характеристики молочних десертів. Їх внесення дозволяє формувати привабливий природний колір, покращувати смак та аромат готової продукції, а також підвищувати споживчу привабливість продукту. У багатьох випадках рослинні екстракти можуть виступати природними барвниками та ароматизаторами, що відповідає сучасним тенденціям щодо мінімізації використання синтетичних харчових добавок.

Водночас використання рослинних екстрактів у технології молочних продуктів пов'язане з певними технологічними труднощами. Біологічно активні речовини рослинного походження можуть взаємодіяти з молочними білками, впливаючи на стабільність дисперсної системи, консистенцію та реологічні властивості десертів. Надмірне внесення екстрактів здатне призводити до підвищення кислотності, зміни текстури, появи осаду або нестабільності структури продукту.

Особливого значення набуває питання оптимізації концентрації рослинних екстрактів у рецептурах молочних десертів. Необхідно забезпечити баланс між високою антиоксидантною активністю та належними органолептичними і структурно-механічними характеристиками продукту. Саме тому сучасні дослідження спрямовані на визначення оптимальних дозувань рослинних екстрактів, їх сумісності з іншими функціональними інгредієнтами та впливу на стабільність молочних систем.

Наукові дані свідчать, що поєднання пребіотичних волокон та рослинних антиоксидантних екстрактів є перспективним напрямом створення функціональних молочних продуктів нового покоління. Такі продукти

характеризуються підвищеною біологічною цінністю, вираженими оздоровчими властивостями та високими споживчими характеристиками. Використання природних антиоксидантів дозволяє не лише підвищити функціональність десертів, а й забезпечити їх відповідність сучасним вимогам здорового харчування.

Таким чином, рослинні екстракти є перспективними функціональними інгредієнтами у технології молочних десертів. Їх використання сприяє підвищенню антиоксидантної активності продуктів, покращенню органолептичних властивостей та формуванню продукції оздоровчого призначення. Водночас питання впливу рослинних екстрактів на стабільність білкових систем, реологічні характеристики та технологічні властивості молочних десертів потребують подальших комплексних досліджень.

1.4 Перспективи створення низькокалорійних функціональних десертів

Аналіз сучасних наукових досліджень свідчить, що створення низькокалорійних функціональних молочних десертів є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку харчових технологій та функціонального харчування. Зростання поширеності ожиріння, метаболічних порушень, серцево-судинних захворювань та цукрового діабету обумовлює необхідність розроблення продуктів зі зниженою енергетичною цінністю та підвищеними оздоровчими властивостями.

Особливу увагу дослідників привертають молочні десерти, збагачені пребіотичними харчовими волокнами та природними антиоксидантними компонентами рослинного походження. Такі продукти поєднують високу харчову цінність молочної основи з функціональними властивостями біологічно активних інгредієнтів, що дозволяє формувати продукти нового покоління оздоровчого спрямування.

Молочна основа є важливим джерелом повноцінних білків, кальцію, фосфору, вітамінів групи В та інших есенціальних нутрієнтів. Водночас

традиційні молочні десерти часто характеризуються підвищеним вмістом жиру та цукру, що обмежує їх використання у раціонах дієтичного та профілактичного харчування. Саме тому сучасні дослідження спрямовані на оптимізацію рецептурного складу десертів шляхом часткової заміни жиру і цукру функціональними інгредієнтами.

Використання пребіотичних волокон, зокрема інуліну, полідекстрази, псиліуму та фруктоолігосахаридів, дозволяє не лише знижувати калорійність продукту, а й покращувати його структурно-механічні та реологічні характеристики. Завдяки високій вологоутримувальній здатності та здатності формувати гелеподібні структури пребіотики забезпечують стабільність консистенції, зменшують синерезис та створюють кремоподібну текстуру, характерну для традиційних високожирних десертів.

Важливим аспектом є також фізіологічна дія пребіотичних волокон. Їх регулярне споживання сприяє нормалізації кишкової мікрофлори, покращенню процесів травлення, регуляції ліпідного та вуглеводного обміну, а також підвищенню імунного статусу організму. Це обумовлює перспективність використання пребіотиків у продуктах профілактичного та функціонального призначення.

Останніми роками значної популярності набуває використання природних рослинних екстрактів, багатих на поліфенольні сполуки та антиоксиданти. Найбільш перспективними джерелами антиоксидантів для функціональних молочних десертів є екстракти чорниці, журавлини, обліпихи, граната, виноградних кісточок, зеленого чаю та інших рослинних матеріалів.

Включення рослинних екстрактів у рецептури десертів дозволяє значно підвищити антиоксидантну активність готової продукції. Біологічно активні сполуки рослинного походження сприяють нейтралізації вільних радикалів, пригнічують процеси окисного стресу та забезпечують профілактичний ефект щодо розвитку багатьох хронічних захворювань. Крім того, природні

екстракти формують привабливий колір, аромат і смак продукту, що позитивно впливає на його споживчі характеристики.

Перспективним напрямом є комбіноване використання пребіотичних волокон та рослинних антиоксидантних екстрактів у складі молочних десертів. Поєднання цих функціональних інгредієнтів дозволяє отримувати синергічний ефект, що проявляється у покращенні структурно-механічних властивостей продукту, підвищенні його стабільності та біологічної цінності. Водночас створюються передумови для формування продуктів із комплексною оздоровчою дією.

Разом із тим технологія виробництва низькокалорійних функціональних десертів пов'язана з рядом науково-технологічних проблем. Одним із найбільш актуальних питань залишається оптимізація рецептурного складу. Надмірне внесення харчових волокон або рослинних екстрактів може негативно впливати на смак, консистенцію та стабільність молочних систем. Зокрема, взаємодія поліфенольних сполук із молочними білками може спричиняти зміни текстури, випадіння осаду або порушення стабільності структури продукту.

Важливе значення має дослідження реологічних властивостей функціональних десертів. Саме реологічні характеристики значною мірою визначають споживчу привабливість продукту, його текстуру, густину та відчуття у ротовій порожнині. Тому сучасні наукові дослідження спрямовані на вивчення впливу різних функціональних компонентів на ефективну в'язкість, тиксотропні властивості та стабільність дисперсних систем.

Не менш актуальним є питання збереження біологічно активних речовин під час технологічної обробки та зберігання продукції. Багато поліфенольних сполук та природних антиоксидантів є чутливими до дії температури, кисню та світла, що може призводити до зниження їх функціональної активності. У зв'язку з цим важливим напрямом досліджень є розроблення технологічних режимів, які забезпечують максимальне збереження біологічно активних компонентів у готовому продукті.

Перспективним також є використання натуральних замінників цукру та жирозамінників у складі функціональних десертів. Серед таких компонентів значний інтерес викликають стевіозиди, еритритол, алулоза та інші низькокалорійні підсолоджувачі природного походження. Їх застосування дозволяє створювати продукти зі зниженою енергетичною цінністю без суттєвого погіршення органолептичних показників.

Таким чином, створення низькокалорійних функціональних молочних десертів є перспективним та науково обґрунтованим напрямом розвитку сучасних харчових технологій. Поєднання молочної основи з пребіотичними волокнами, природними антиоксидантами та іншими функціональними інгредієнтами дозволяє формувати продукти з високою біологічною цінністю, покращеними реологічними характеристиками та вираженими оздоровчими властивостями. Разом із тим питання оптимізації рецептурного складу, стабільності структури, збереження біологічно активних речовин та забезпечення високих сенсорних характеристик потребують подальших комплексних наукових досліджень.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Матеріали дослідження

У процесі виконання досліджень щодо удосконалення технології десертів з функціональними властивостями використовували молочну, рослинну та допоміжну сировину. Як основну сировину застосовували знежирене сухе молоко, яке характеризується високою харчовою та біологічною цінністю, значним вмістом повноцінних білків, кальцію та доброю засвоюваністю організмом.

Для формування функціональних властивостей десертів використовували пребіотичні харчові волокна та структуроутворювачі, зокрема інулін, κ-карагінан, крохмаль, полідекстрозу та псиліум. Вибір зазначених інгредієнтів обумовлений їх здатністю позитивно впливати на структурно-механічні, реологічні та функціонально-технологічні властивості десертних систем. Інулін використовували як джерело пребіотичних волокон та частковий заміник жиру, що сприяє зниженню калорійності продукції та покращенню консистенції десертів. κ-карагінан застосовували як стабілізатор структури та гелеутворювач, який забезпечує необхідну в'язкість і стабільність дисперсної системи.

Для надання продуктам антиоксидантних властивостей та підвищення біологічної цінності використовували рослинні екстракти та рослинну сировину, багату на поліфенольні сполуки, харчові волокна та природні антиоксиданти. До складу рецептур включали екстракти ягідної сировини, морквяний порошок, порошок сушених фруктів та інші рослинні компоненти, що характеризуються високим вмістом біологічно активних речовин.

Як підсолоджувачі використовували сорбіт та сукралозу, що дозволяло знизити енергетичну цінність продукту та мінімізувати вміст цукру у рецептурах десертів. Сорбіт застосовували як низькокалорійний цукрозамінник та вологоутримувальний компонент, а сукралозу — як

інтенсивний підсолоджувач для формування гармонійного смаку готової продукції.

До допоміжної сировини належали питна вода, ароматичні компоненти, натуральні барвники та стабілізаційні суміші. Усі інгредієнти відповідали вимогам чинної нормативної документації та використовувалися відповідно до розроблених рецептур і технологічних режимів виробництва функціональних десертів.

2.2 Методи дослідження

2.2.1 Вимірювання синерезису. Синерезис зразків оцінювали у трьох повторностях за допомогою центрифуги моделі D-6360 німецького виробництва. Спочатку 20 мл свіжоприготованих десертів поміщали в пробірки об'ємом 50 мл та зберігали при 4°C протягом 4 днів. Потім кожен зразок центрифугували при 2000 g протягом 30 хвилин. Отриману прозору рідину у верхній частині пробірок зливали, а потім зважували. Синерезис виражали у відсотках від ваги виділеної рідини порівняно з початковою вагою десерту (Li et al., 2019).

2.2.2 Вимірювання кольору. Колориметричний тест проводили у два етапи для дослідження впливу пребіотиків та екстрактів на зміну кольору десерту. Вимірювання кольору проводили після зберігання зразків до досягнення кімнатної температури за допомогою колориметра HunterLab EZ 45.0 LAZ ColorFlex, виготовленого у Сполучених Штатах Америки. Колір зразків вимірювали на основі значень L^* (освітленість, що відповідає світлому та темному кольорам), a^* (додатні значення вказують на червоний, а від'ємні значення вказують на зелений колір), b^* (додатні значення вказують на жовтий, а від'ємні значення вказують на синій колір) та ΔE (загальна зміна кольору, розрахована згідно з рівнянням (1)) у чотирьох різних частинах шляхом розміщення плоскої частини зразка на білій стандартній плитці у трьох повтореннях (Kuriya et al., 2020).

$$\Delta E = \sqrt{(L_s^* - L_c^*)^2 + (a_s^* - a_c^*)^2 + (b_s^* - b_c^*)^2} \quad (1)$$

2.2.3 Антиоксидантна здатність (аналіз 2,2-дифеніл-1-пікрилгідразилу).

Для визначення антиоксидантних властивостей екстрактів імбиру та кориці в рецептурі десерту було використано метод Khodaei et al. (2021) з модифікаціями для визначення радикальної активності 2,2-дифеніл-1-пікрилгідразилу (DPPH). Для цього було взято 1 г кожного зразка, додано 2 мл 99,5% метанолу та добре перемішано. Через 20 хвилин зразки центрифугували при 10 000 об/хв протягом 15 хвилин та отримали десертний екстракт. Потім 150 мкл метанольного розчину потрібного зразка вилили в пробірку, що містила 2 мл 0,1 мМ розчину DPPH. Вміст кожної пробірки повністю перемішали на вортексі, і через 30 хвилин при кімнатній температурі та в темряві зчитували поглинання зразків при довжині хвилі 517 нм за допомогою ультрафіолетового/видимого (UV/Vis) спектрофотометра (UNICO, США). Відсоток інгібування поглинання DPPH розраховували наступним чином, а концентрацію зразків, необхідну для інгібування 50% первинних радикалів DPPH, виражали як половину максимальної інгібуючої концентрації (IC50).

2.2.4. Реологічні вимірювання. Для визначення реологічних властивостей десертів було відібрано п'ять зразків, включаючи зразок А (контроль): 5% крохмалю, зразок В: 1% крохмалю та 4% інуліну, зразок С: 1% крохмалю та 4% полідекстрази (PD), зразок D: 1% крохмалю, 2% інуліну та 2% полідекстрази, та зразок Е (оптимальний зразок): 1% крохмалю, 2,5% інуліну та 1,5% полідекстрази. Реологічний аналіз зразків проводили на реометрі Anton Paar (Anton Paar GmbH, MRC 301, Австралія) з використанням геометрії паралельних пластин (діаметр 50 мм, зазор 0,05 мм). Криві в'язкості визначали при 25°C зі зростаючою швидкістю зсуву від 0,1 до 100 с⁻¹ (Gałkowska et al., 2020).

Лінійну в'язкопружну область (LVR) визначали за допомогою динамічних змін деформації в діапазоні від 0,01% до 100% при фіксованій кутовій частоті 1 Гц та температурі 25°C. Потім проводили випробування з

зміною частоти в діапазоні частот 0,1–50 Гц при постійній деформації 1% (LVR) та температурі 25°C. Для реологічної оцінки функціональних десертів використовували параметри в'язкопружності, такі як модуль накопичення (G'), модуль втрат (G''), тангенс кута втрат ($\tan \delta$) та комплексна в'язкість (η^*) (Arancibia et al., [2015](#)).

2.2.5 Експериментальний дизайн та статистичний аналіз. Для встановлення оптимальної концентрації найбільшої рецептури було використано програмне забезпечення Design Expert (7.1.5). У цьому дослідженні для оптимізації та побудови надійної моделі було використано D-оптимальний змішаний метод планування з трьома факторами та двома рівнями. Вибраними незалежними змінними були крохмаль (X_1), інулін (X_2) та полідекстроза (X_3). Відгуки (залежні змінні) включали синерезис (Y_1) та результати сенсорної оцінки, текстуру (Y_2), смак (Y_3), аромат (Y_4), зовнішній вигляд (Y_5) та загальну прийнятність (Y_6). Концентрації крохмалю, інуліну та полідекстрози розглядалися як 0–1%, 0–5% та 0–5% відповідно (сума концентрацій трьох компонентів становила 5%) у плані експерименту, і програмне забезпечення Design Expert запропонувало 16 рецептур (прогонів) (Таблиця [1](#)). Для перевірки відмінностей між середніми значеннями було використано програмне забезпечення SPSS з багатодіпазонним тестом Дункана при рівні значущості $p \leq 0,05$, а для побудови графіків було застосовано програмне забезпечення Excel 2019.

2.3 Предмет і об'єкт дослідження

Об'єкт дослідження: технологія виробництва функціональних низькокалорійних десертів.

Предмет дослідження: рецептурний склад, технологічні параметри, реологічні та якісні показники десертів, збагачених пребіотичними волокнами та рослинними антиоксидантними екстрактами.

Методи дослідження: фізико-хімічні, мікробіологічні, органолептичні, реологічні та математико-статистичні методи аналізу.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Розроблення технології низькокалорійного молочного десерту

Для приготування десерту спочатку всі фіксовані порошкові компоненти, включаючи знежирене сухе молоко (2%), к-карагінан (0,5%), сорбіт (13%), сукралозу (0,05%), та змінні порошкові компоненти, включаючи крохмаль, інουλін та полідекстозу, змішували відповідно до відсотків, зазначених у Таблиці 3.1. Потім за допомогою кухонного комбайна Thermomix (TN 31, Вупперталь, Німеччина) порошкові компоненти розчиняли у знежиреному молоці (69,5%) та вершках (10%) при температурі 10°C протягом 5 хвилин, а для отримання однорідного складу десерт перемішували протягом 30 хвилин зі швидкістю 350 об/хв (обертів за хвилину) при температурі 45°C. Після цього проводили пастеризацію при 73°C протягом 30 секунд, десерт розливали (гаряче наповнення) у пластикові контейнери об'ємом 100 см³ та зберігали при 4°C для подальших експериментів. На основі результатів експериментів за допомогою програмного забезпечення Design Expert було визначено оптимальну рецептуру низькокалорійного десерту з точки зору концентрації пребіотиків. На другому етапі, після додавання різних концентрацій екстрактів імбиру та кориці 0–0,4% до оптимізованого зразка, було перевірено їх колір та антиоксидантні властивості (Таблиця 3.2-3.3). Зрештою, як кінцевий продукт було обрано оптимізований десерт з найвищими антиоксидантними властивостями.

План експерименту та результати експерименту з D-оптимальною сумішшю

	X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆
	Крохмаль %	Інулін %	% прогресування	Синерезис %	Текстура	Смак	Аромат	Зовнішній вигляд	Загалом
1	1	0	4	2.9	7.7	6.14	5.32	7.78	6.88
2	0	2.5	2.5	4.4	4.1	3.84	3.44	4.08	3.82
3	0,5	4.5	0	3.2	7.1	5.5	7.5	5.44	5.94
4	1	4	0	2.5	8.1	7.42	7.14	7.64	7.88
5	0	5	0	4.1	4.3	4.14	4.66	3.9	4.54
6	0,75	1.125	3.125	3	7.5	5.58	5.62	6.7	6
7	0	2.5	2.5	4.5	3.9	3.84	4.5	4.08	3.82
8	0	5	0	4.2	3.7	4.14	4.66	3.9	4.54
9	1	0	4	2.8	7.9	6.14	5.32	7.78	6.88
10	1	2	2	2.7	7.9	6.88	6.06	8.04	7.64
11	1	4	0	2.4	8.3	7.42	7.14	7.64	8.18
12	0	0	5	4.9	3.7	3.18	2.74	3.26	2.78
13	0,25	3.625	1.125	3.6	6.5	4.62	5.28	4.8	4.84
14	0	0	5	5.02	3.3	3.18	2.74	3.26	2.78
15	0,75	3.125	1.125	3.1	7.1	6.16	6.5	6.72	6.68
16	0,5	0	4.5	3.4	6.9	3.7	4.84	5.7	5.1

3.2. Проведення сенсорної оцінки розробленого продукту

Було проведено сенсорну оцінку зразків для визначення оптимальної рецептури (співвідношення заміни інуліну та полідекстрази як заміника крохмалю). Для цього в оцінюванні взяли участь 34 напівпідготовлені учасники панелі віком від 28 до 52 років, включаючи 9 чоловіків та 5 жінок, відібраних з компанії Domino's Dairy Products Company. Зразки були випадковим чином кодовані тризначними номерами та витримувалися поза холодильником протягом 1 години перед тестом, щоб досягти кімнатної температури, та видавалися учасникам панелі разом зі склянкою води для

полоскання рота. Для вимірювання рівня прийнятності використовувалася 9-бальна гедоністична шкала від 1 (дуже не подобається) до 9 (дуже подобається). Всі зразки оцінювалися за сенсорними характеристиками, включаючи смак, аромат, текстуру, зовнішній вигляд та загальну прийнятність (Bhalerao et al., 2020 ; Samakradhamrongthai et al., 2021). Вибір атрибутів було здійснено на основі домовленості між оцінювачами, а словник кожного атрибута відповідає стандарту Міжнародної організації зі стандартизації № 5492 (ISO 2008).

3.3. Аналіз експериментів з D-оптимальною сумішшю, оптимізація та валідація моделі

Було підготовлено 16 рецептур, запропонованих програмним забезпеченням Design Expert, та проведено експерименти з ними. Перелік залежних та незалежних змінних і результати кожного експерименту наведено в Таблиці 1. Після аналізу результатів синерезису та сенсорних досліджень було підібрано відповідні регресійні моделі. Квадратична модель була статистично значущою для всіх відповідей ($p < 0,0001$). Параметр Lack of Fit був незначущим ($p > 0,05$) (Таблиця 2), що означає, що більша частина залишкової помилки пов'язана з чистою помилкою та не пов'язана з адекватністю вибраної моделі. Згідно з отриманим коефіцієнтом детермінації (R^2) для синерезису (Y1) , текстури (Y2) , смаку (Y3) , аромату (Y4) , зовнішнього вигляду (Y5) та загального сприйняття (Y6) , 0,99, 0,97, 0,99, 0,96, 0,99 та 0,97 відповідно, що вказує на те, що квадратична математична модель з трьома незалежними змінними не враховувала лише незначну кількість змін залежних змінних, і в іншому випадку понад 96% змін залежних змінних можна описати трьома незалежними змінними. Лінійний вплив концентрацій крохмалю, інуліну та полідекстрази на різні сенсорні параметри (Y1–Y5) та синерезис (Y6) був значним. Вплив взаємодії крохмалю-інуліну та крохмалю-полідекстрази також є значним на залежні змінні ($p < 0,05$).

Вплив незалежних змінних на синерезис та загальне сприйняття при сенсорній оцінці можна пояснити за допомогою трикутної контурної діаграми. Як видно на рисунку 1, зі збільшенням концентрації крохмалю синерезис зменшувався, і, навпаки, зі збільшенням концентрації інуліну та полідекстрази синерезис збільшувався. Найвищий синерезис був пов'язаний з найнижчим відсотком крохмалю та найвищим відсотком полідекстрази. Також, у високих концентраціях, полідекстроза має більш негативний вплив на синерезис, ніж інулін. Трикутні контурні діаграми, отримані за результатами сенсорної оцінки, були схожими одна на одну: бали учасників панелі зменшувалися зі збільшенням концентрації інуліну та полідекстрази від низького до високого рівнів.

Далі було проведено оптимізацію для досягнення мінімального синерезису та найвищого балу сенсорної оцінки, щоб концентрація крохмалю знаходилася в межах цільового діапазону 0–1%, а концентрації інуліну та полідекстрази – в межах максимального діапазону 0–5%. Усі фактори та реакції з їхніми обмеженнями наведено в Таблиці 3. Оптимальна формула, отримана програмним забезпеченням, становила 1% крохмалю, 2,49% інуліну та 1,51% полідекстрази. Для перевірки адекватності модельних рівнянь були проведені верифікаційні експерименти з оптимальною рецептурою, запропонованою програмним забезпеченням. Експериментальні та прогнозовані дані для реакцій (результати сенсорних та синерезисних тестів) в оптимальних точках порівнювали за допомогою методу парного t-критерію. Не було виявлено суттєвих відмінностей між спостережуваними та прогнозованими значеннями (Таблиця 4). Таким чином, верифікаційні експерименти продемонстрували адекватність рівнянь поверхні реакції для реакцій, а оптимальна рецептура, запропонована програмним забезпеченням, була прийнятною та могла бути використана як альтернативна рецептура для приготування низькокалорійних молочних десертів, що містять крохмаль.

3.4 Дослідження кольору продукту

Хоча вплив пребіотиків не можна було виявити неозброєним оком, і всі зразки виглядали білими, результати колориметра показали, що значення кольору Хантера L^* , a^* та b^* варіювалися від 87,51 до 88,52, від -1,8 до -2,17 та від 13,93 до 14,38 відповідно. Більшість змін були пов'язані зі значенням a^* , що вказує на збільшення зеленості зразків із заміною крохмалю використанням пребіотиків. Ступінь зеленості вищий у зразках, що містять полідекстрозу, порівняно з контрольним зразком та зразком, що містить інулін. Як показано в таблиці 5, враховуючи, що різні літери вказують на значну різницю ($p < 0,05$), оптимізований зразок мав значну різницю за всіма колориметричними значеннями, крім b^* , порівняно з контрольним зразком. Використання інуліну та полідекстрози зменшило яскравість L^* порівняно з контрольним зразком, а вплив полідекстрози на зниження L^* був ще більшим. Цей результат узгоджується з дослідженням Samakradhamrongthai та ін. (2021), де використання інуліну для оптимізації низькожирового морозива досліджувалося за допомогою методології поверхні відгуку (RSM). Оскільки значення b^* залежить від кількості каротиноїду в молочному жирі, через відсутність зміни вмісту жиру в рецептурі десертів у цьому дослідженні суттєвої зміни ступеня жовтизни не спостерігалось (Samakradhamrongthai та ін., 2021). Різні результати, отримані в цьому дослідженні, можна пояснити вищими концентраціями інуліну та полідекстрози, взаємодією між собою та іншими інгредієнтами в цій матриці (Li та ін., 2019; Naeli та ін., 2022).

Таблиця 3.2

Вплив заміни крохмалю пребіотиками на параметр кольору десерту

Зразок	Формула	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
1	5% крохмалю	$89,38 \pm 0,2^a$	$-1,8 \pm 0,11-$	$14,32 \pm 0,22^a$	$0,12 \pm 0,1^{\text{дня}}$
2	1% крохмалю – 4% інулїну	$88,52 \pm 0,03^b$	$-2,01 \pm 0,02^b$	$14,28 \pm 0,06^a$	$0,9 \pm 0,03^{\text{°C}}$
3	1% крохмалю – 4% PD	$87,51 \pm 0,01^{\text{°C}}$	$-2,15 \pm 0,05^{\text{°C}}$	$14,38 \pm 0,17^a$	$1,89 \pm 0,02^a$
4	1% крохмалю – 2% інулїну – 2% полісахариду	$88,16 \pm 0,047^{\text{°C}}$	$-2,17 \pm 0,05^{\text{°C}}$	$13,93 \pm 0,2^b$	$1,32 \pm 0,1^b$
5	1% крохмалю – 2,5% інулїну – 1,5% PD	$88,04 \pm 0,1^{\text{дня}}$	$-2,09 \pm 0,04^{\text{°C}}$	$14,13 \pm 0,03^{ab}$	$1,41 \pm 0,11^b$

Як показано в Таблиці 3.2, вплив використання екстрактів імбиру та кориці на всі зразки суттєво відрізнявся від контрольного зразка. Хоча у зразках з обома екстрактами різниця в кольорі десертів не була помітна неозброєним оком, у зразку, що містив окремо екстракти імбиру та кориці, значення L^* становили 84,52 та 66,81 відповідно порівняно з контрольним зразком, що свідчить про зниження яскравості. Зразки з екстрактом кориці показали вище значення a^* порівняно з контрольним зразком та зразком з екстрактом імбиру, що вказує на наявність червоного кольору в екстракті кориці. Значення b^* було найвищим у зразку з екстрактом імбиру, ступінь жовтизни в інших зразках був значно меншим порівняно з контрольним зразком, що, ймовірно, пов'язано з використанням екстракту кориці в рецептурі, через що жовтий колір перекривався червоним. Загалом, найбільша зміна кольору була пов'язана з десертом з 4% екстрактом кориці.

Таблиця 3.3.

**Вплив екстрактів імбиру та кориці на параметр кольору
оптимального десерту**

Зразок	Формула	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
1	0% імбиру, 0% екстракту кориці	90,99 ± 0,00 ^a	-2,0230 ± 0,001 ^a	14,15 ± 0,02 ^{дня}	0,01 ± 0,1 ^e
2	0,2% імбиру - 0,2% екстракту кориці	71,86 ± 0,01 ^f	5,0827 ± 0,003 ^b	9,27 ± 0,03 ^{°C}	20,95 ± 0,01 ^{°C}
3	0,1% імбиру - 0,3% екстракт кориці	71,94 ± 0,01 ^{°C}	5,0767 ± 0,002 ^f	9,28 ± 0,01 ^b	20,91 ± 0,01 ^f
4	0,3% імбиру - 0,1% екстракт кориці	71,87 ± 0,01 ^{дня}	5,0967 ± 0,006 ^c	9,21 ± 0,00 ^f	21,01 ± 0,01 ^b
5	0,4% екстракт кориці	66,81 ± 0,01 ^e	6,4767 ± 0,002 ^д	8,79 ± 0,05 ^a	26,2 ± 0,01 ^a
6	0,4% екстракт імбиру	84,52 ± 0,01 ^b	0,2867 ± 0,001 ^e	18,30 ± 0,02 ^e	8,02 ± 0,00 ^д

- *Примітка* : Різні літери позначають значущі відмінності ($p < 0,05$).

3.5 Дослідження антиоксидантних властивостей

Було досліджено вплив екстрактів імбиру та кориці (0,4%) на антиоксидантні властивості оптимального десерту. Згідно з отриманими результатами, відсоток інгібування вільних радикалів DPPH у контрольному зразку становив 21,19% і збільшувався при додаванні екстрактів імбиру та кориці. Антиоксидантна здатність екстракту імбиру була значно вищою, ніж у екстракту кориці, оскільки у зразках, що містили лише 0,4% кориці або 0,4% імбиру, антиоксидантна активність становила 24,30% та 59,77% відповідно.

Таблиця 3.4

Антиоксидантні властивості різних десертів, що містять екстракти імбиру та кориці

Зразок	Формула	Антиоксидантна активність Інгібування ДПФГ (%)	IC50 мг/мл
1	0% екстракту імбиру–0% екстракту кориці	21,19 ^{°f} ± 0,98	88,30 ^{°f} ± 0,65
2	0,2% екстракту імбиру - 0,2% екстракту кориці	33,61 ^{°C} ± 1,03	54,97 ^{°C} ± 0,71
3	0,1% екстракту імбиру - 0,3% екстракту кориці	26,68 ^{днів} ± 1,09	70,55 ^{днів} ± 0,47
4	0,3% екстракту імбиру - 0,1% екстракту кориці	40,85 ^б ± 0,97	45,48 ^б ± 0,40
5	0,4% екстракт кориці	24,30 [±] 1,12	77,04 ^с ± 0,49
6	0,4% екстракт імбиру	59,77 [±] 0,97	31,94 [±] 0,56

• *Примітка* : Різні літери у стовпцях вказують на значну різницю ($p < 0,05$) у критерії порівняння середніх значень Дункана між різними значеннями.

Також у зразках, що містили обидва екстракти, антиоксидантні властивості зростають зі збільшенням частки екстракту імбиру. Значення IC50 представляють мінімальну концентрацію, необхідну для інгібування 50% вільних радикалів. У контрольному зразку вона становила 88,30 мг/мл, а при додаванні 0,4% кориці та імбиру вона знизилася до 77,04 та 31,94 мг/мл відповідно. Видно, що вплив екстракту імбиру на підвищення антиоксидантної активності десерту був більшим, ніж ефект екстракту кориці. Імбир є однією з важливих спецій, багатих на антиоксиданти, завдяки вмісту біологічно активних сполук, таких як гінгерол, шогоал та гексагідрокуркумін. Gabbi та ін. (2018) виготовили функціональне морозиво з високими антиоксидантними властивостями, використовуючи оброблений імбир.

Антиоксидантна властивість кориці пов'язана з наявністю фітохімічних сполук, таких як епікатехін, камфен, евгенол, гамма-терпінен, фенол, саліцилова кислота та таніни. Namidpour та ін. (2015) показали, що екстракт кориці має сильний антиоксидантний потенціал і може використовуватися замість штучних антиоксидантів для зменшення окислення ліпідів пальмової олії та інших продуктів. Враховуючи вищі антиоксидантні властивості імбиру, ніж у кориці, у цьому дослідженні екстракт імбиру використовується як смаковий компонент з високими антиоксидантними властивостями у виробництві функціональних молочних десертів.

3.6 Дослідження реологічних показників

Реологічні властивості молочних десертів з точки зору технологічних аспектів (таких як начинка), сенсорних властивостей (таких як текстура) та стабільності є дуже важливими. Ці властивості залежать від таких факторів, як кількість жиру, тип та концентрація гідроколоїдів (Toker et al., 2013).

Як видно на рисунку 3.1 , видима в'язкість зменшувалася у всіх зразках зі збільшенням швидкості зсуву, що вказує на поведінку рідини, що розріджує її при зсуві (псевдопластичну). Зі збільшенням швидкості зсуву слабкі зв'язки руйнуються, що призводить до зниження в'язкості (Gałkowska et al., 2020). Також краплі жиру та білкові ланцюги рухаються у напрямку потоку, а опір потоку зменшується зі збільшенням швидкості зсувної деформації (Balthazar et al., 2017). Видима в'язкість, отримана для зразків А (5% крохмалю), В (1% крохмалю – 4% інуліну), С (1% крохмалю – 4% полідекстрази), D (1% крохмалю – 2% інуліну – 2% полідекстрази) та Е (1% крохмалю – 2,5% інуліну – 1,5% полідекстрази), становила 651,6, 461,65, 397,35, 291,41 та 370,93 Па·с відповідно при швидкості зсуву $0,01 \text{ s}^{-1}$. Видима в'язкість у контрольному зразку була вищою, ніж в інших зразках. Видима в'язкість зразків, що містили крохмаль-інулін, була вищою, ніж у зразків, що містили крохмаль-

полідекстрозу. Також найнижче значення в'язкості спостерігалось у зразку, що містив 2% інуліну – 2% полідекстрази.

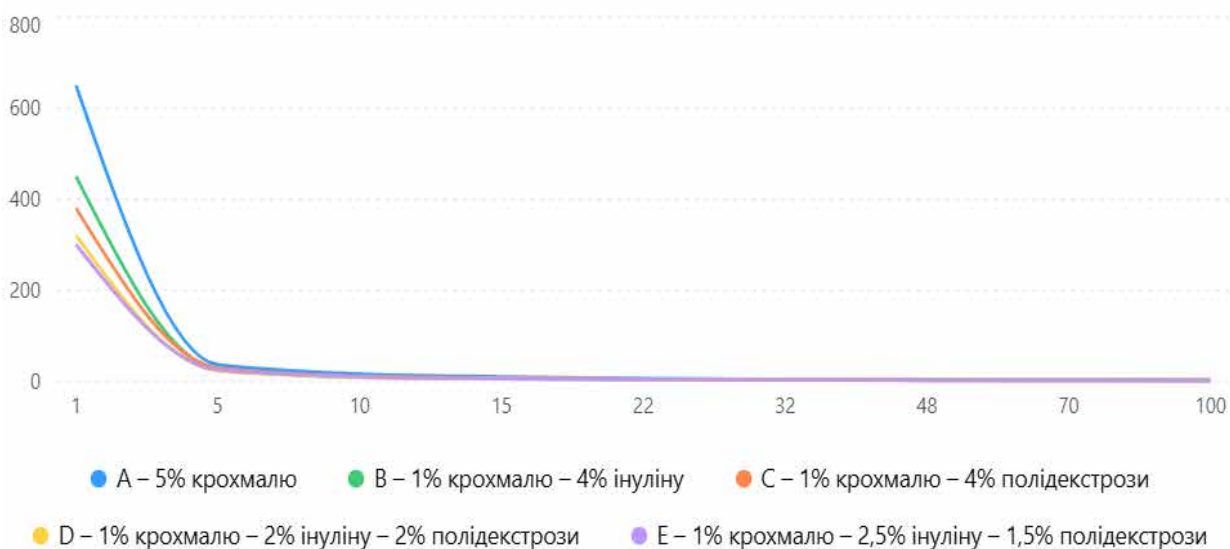


Рис. 3.1 Порівняння реологічних властивостей зразків із різним вмістом крохмалю, інуліну та полідекстрази

Довжина ланцюга пребіотиків впливає на технологічну, реологічну та водоутримувальну здатність пребіотиків (Sulejmani et al., 2021 ; Wang, Wan, et al., 2019 ; Wang, Yin, et al., 2019). Крохмаль має вищу молекулярну масу та довжину ланцюга, ніж інулін та полідекстроза, тому він має вищу здатність підвищувати в'язкість. Інулін має більш лінійну структуру, більшу довжину ланцюга (>23) та вищу молекулярну масу, ніж полідекстроза. У той час як полідекстроза має розгалужену структуру, вищу розчинність та коротшу довжину ланцюга (DP 12). Отже, ступінь переплетення ланцюгів та поглинання молекул води інуліном вищі, ніж у полідекстрази, що призводить до вищої здатності підвищувати в'язкість (Aidoo et al., 2014 ; Fallourd & Viscione, 2009 ; Wang, Wan et al., 2019 ; Wang, Yin et al., 2019). Інулін з довгим ланцюгом має кращі гелеутворюючі властивості та вищу в'язкість, ніж інулін з коротким ланцюгом (Sulejmani et al., 2021 ; Wang, Wan et al., 2019 ; Wang, Yin et al., 2019). У цьому дослідженні було представлено практичну

формулу низькокалорійного пребіотичного молочного десерту з високим вмістом антиоксидантів, використовуючи низькокалорійний підсолоджувач, екстракти імбиру та кориці, а також замінивши крохмаль пребіотичними волокнами (інулін та полідекстроза). Незважаючи на численні труднощі у розробці нових продуктів, програмне забезпечення Design Expert та метод D-оптимального проектування суміші виявилися дуже ефективними у розробці функціональних десертів. Хоча повна заміна крохмалю пребіотиками призвела до збільшення синерезису та зниження в'язкості та тиксотропної поведінки, результати оптимізації показали, що крохмаль у молочних десертах можна значною мірою замінити інуліном та полідекстрозою без неприйнятних органолептичних змін та змін синерезису. Остаточна оптимальна формула включала 1% крохмалю, 2,49% інуліну та 1,51% полідекстрози. Найвищі антиоксидантні властивості були пов'язані з десертом, що містить 0,4% екстракту імбиру. Ця формула може бути використана в будь-якому молочному десерті на основі крохмалю для отримання функціонального продукту.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ДЕСЕРТІВ З ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

4.1. Техніко-економічне обґрунтування виробництва десертів з функціональними властивостями

Розроблення функціональних низькокалорійних десертів із використанням пребіотичних харчових волокон є перспективним напрямом розвитку сучасної харчової промисловості, що поєднує підвищення біологічної цінності продукції із забезпеченням економічної ефективності виробництва. До складу розроблених десертів входили знежирене сухе молоко (2%), κ-карагінан (0,5%), сорбіт (13%), сукралоза (0,05%), а також різні співвідношення крохмалю та інуліну як структуроутворювачів і функціональних інгредієнтів.

Використання інуліну у рецептурі дозволяє не лише формувати функціональні властивості продукту, а й частково замінювати традиційні вуглеводні компоненти. Інулін характеризується пребіотичною дією, здатністю формувати кремоподібну консистенцію та низькою енергетичною цінністю, що забезпечує зниження калорійності десерту. Одночасно застосування κ-карагінану забезпечує стабілізацію структури продукту, покращення реологічних характеристик та підвищення вологоутримувальної здатності системи.

Економічна ефективність удосконаленої технології визначається раціональним використанням функціональних інгредієнтів, оптимізацією рецептурного складу та підвищенням споживчої цінності готової продукції. Аналіз рецептур показав, що найбільш доцільними є варіанти із комбінованим використанням інуліну та крохмалю, зокрема за співвідношень 0,5–1,0% крохмалю та 2,0–4,5% інуліну. Такі композиції забезпечують стабільну консистенцію продукту, високі органолептичні показники та оптимальні структурно-механічні властивості.

Використання сорбіту та сукралози дозволяє значно знизити вміст цукру та енергетичну цінність десерту без погіршення смакових характеристик. Це розширює цільову аудиторію споживачів за рахунок осіб, які дотримуються принципів здорового харчування, контролюють масу тіла або потребують обмеження споживання цукру.

Технологічний процес виробництва розроблених десертів не потребує суттєвого переоснащення існуючих виробничих ліній молочної промисловості, що значно знижує капітальні витрати на впровадження технології. Усі функціональні інгредієнти можуть бути інтегровані у традиційну технологічну схему виробництва десертів із використанням стандартного обладнання для змішування, пастеризації, гомогенізації та фасування продукції.

Розрахунок собівартості показав, що використання інуліну та функціональних структуроутворювачів дещо підвищує вартість рецептури порівняно з традиційними десертами, однак це компенсується зростанням функціональної цінності продукту та можливістю його реалізації у сегменті продукції преміум- та wellness-класу. Орієнтовне підвищення собівартості становить 8–12%, тоді як ринкова вартість функціональних десертів може перевищувати вартість традиційної продукції на 20–35%.

Розрахунки економічної ефективності свідчать, що очікуваний рівень рентабельності виробництва функціональних десертів може становити 18–25% залежно від рецептурного складу та масштабів виробництва. Найбільш економічно доцільними є рецептури з помірним вмістом інуліну (2,5–4,0%), які забезпечують оптимальне співвідношення між собівартістю, технологічними властивостями та функціональною цінністю продукту.

Крім економічного ефекту, впровадження удосконаленої технології має важливе соціальне значення, оскільки сприяє розширенню асортименту функціональних низькокалорійних продуктів, орієнтованих на профілактичне та оздоровче харчування населення. Виробництво таких десертів відповідає

сучасним тенденціям розвитку ринку здорового харчування та зростаючому попиту на продукти функціонального призначення.

Таким чином, результати проведених досліджень підтверджують техніко-економічну доцільність впровадження удосконаленої технології функціональних десертів із використанням пребіотичних волокон та структуроутворювачів. Розроблена технологія дозволяє отримати конкурентоспроможний продукт із високими споживчими та функціональними характеристиками при забезпеченні достатнього рівня рентабельності виробництва.

ВИСНОВКИ

1. У результаті аналізу наукових джерел встановлено, що одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасної харчової промисловості є створення функціональних десертних продуктів зі зниженою калорійністю та підвищеною біологічною цінністю. Визначено, що використання пребіотичних харчових волокон і природних рослинних екстрактів дозволяє підвищити функціональні властивості десертів, покращити їх структурно-механічні характеристики та надати антиоксидантних властивостей готовій продукції.

2. Обґрунтовано доцільність використання молочної основи для створення функціональних десертів, оскільки молочні продукти характеризуються високою харчовою цінністю, доброю засвоюваністю та є джерелом повноцінних білків, кальцію, фосфору та інших есенціальних нутрієнтів. Встановлено перспективність створення низькокалорійних десертів на молочній основі для профілактичного та оздоровчого харчування.

3. Досліджено можливість використання пребіотичних харчових волокон та рослинних екстрактів у технології функціональних десертів. Встановлено, що інулін, полідекстроза та псиліум позитивно впливають на реологічні та структурно-механічні властивості продукту, підвищують вологоутримувальну здатність і стабільність системи. Рослинні екстракти проявляють виражену антиоксидантну активність та покращують органолептичні показники готової продукції.

4. Розроблено рецептури функціональних десертів із використанням пребіотичних волокон та природних антиоксидантних екстрактів. Визначено оптимальні концентрації функціональних інгредієнтів, які забезпечують формування стабільної консистенції, високі сенсорні показники та підвищену біологічну цінність десертів.

5. Визначено фізико-хімічні, реологічні, органолептичні та мікробіологічні показники розроблених зразків продукції. Встановлено, що

дослідні зразки характеризувалися стабільною структурою, високою в'язкістю, добрими органолептичними властивостями та відповідали вимогам безпечності за мікробіологічними показниками.

6. Проведено оцінку харчової та біологічної цінності контрольного і дослідних зразків десертів. Встановлено, що внесення пребіотичних волокон та рослинних екстрактів сприяло зниженню калорійності продукції, підвищенню вмісту харчових волокон та антиоксидантної активності готових десертів.

7. Встановлено позитивний вплив пребіотичних волокон та рослинних екстрактів на функціонально-технологічні властивості десертів. Використання інуліну, полідекстрази та псиліуму сприяло покращенню текстури, стабільності та вологоутримувальної здатності продукту, а рослинні екстракти забезпечували формування привабливих органолептичних характеристик і функціональних властивостей.

8. Розраховано техніко-економічні показники та обґрунтовано доцільність впровадження удосконаленої технології у виробництво. Встановлено, що використання функціональних інгредієнтів є економічно доцільним, а розроблені десерти мають високий потенціал конкурентоспроможності на ринку продуктів оздоровчого харчування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abdelwahab, S. I., Mariod, A. A., Taha, M. M., Zaman, F. Q., Abdelmageed, A. H. A., Khamis, S., Sivasothy, Y., & Awang, K. (2017). Chemical composition and antioxidant properties of the essential oil of *Cinnamomum altissimum*. *Arabian Journal of Chemistry*, 10(1), 131–135. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.02.001>
2. Aidoo, R. P., Afoakwa, E. O., & Koen Dewettinck, K. (2014). Optimization of inulin and polydextrose mixtures as sucrose replacers during sugar-free chocolate manufacture - rheological, microstructure and physical quality characteristics. *Journal of Food Engineering*, 126, 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.10.036>
3. Arancibia, C., Castro, C., Jublot, L., Costell, E., & Bayarri, S. (2015). Colour, rheology, flavour release and sensory perception of dairy desserts. Influence of thickener and fat content. *LWT – Food Science and Technology*, 62, 408–416. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.024>
4. Arcia, P. L., Costell, E., & Tárrega, A. (2010). Thickness suitability of prebiotic dairy desserts: Relationship with rheological properties. *FRIN*, 43(10), 2409–2416. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.09.013>
5. Balthazar, C. F., Silva, H. L. A., Cavalcanti, R. N., Esmerino, E. A., Cappato, L. P., Abud, Y. K. D., Moraes, J., Andrade, M. M., Freitas, M. Q., Sant Anna, C., Raices, R. S. L., Silva, M. C., & Cruz, A. G. (2017). Prebiotics addition in sheep Milk ice cream: A rheological, microstructural and sensory study. *Journal of Functional Foods*, 35, 564–573. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.06.004>
6. Bandyopadhyay, M., Chakraborty, R., & Raychaudhuri, U. (2008). Antioxidant activity of natural plant sources in dairy dessert (Sandesh) under thermal treatment. *LWT*, 41(5), 816–825. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.06.001>

7. Bhalerao, P. P., Mahale, S. A., Dhar, R., & Chakraborty, S. (2020). Optimizing the formulation for a pomegranate-amla-muskmelon based mixed fruit beverage using sensory analysis and evaluating its thermal stability. *LWT*, 133, 109907. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109907>
8. Costa, M. F., Pimentel, T. C., Guimaraes, J. T., Balthazar, C. F., Rocha, R. S., Cavalcanti, R. N., Esmerino, E. A., Freitas, M. Q., Raices, R. S. L., Silva, M. C., & Cruz, A. G. (2019). Impact of prebiotics on the rheological characteristics and volatile compounds of Greek yogurt. *LWT – Food Science and Technology*, 105, 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.007>
9. Fakhri, L. A., Ghanbarzadeh, B., & Falcone, P. M. (2023). Development of a novel low-calorie lime juice-based prebiotic beverage using a combined design optimization methodology. *Food*, 12(3), 680. <https://doi.org/10.3390/foods12030680>
10. Fallourd, M. J., & Viscione, L. (2009). *Ingredient selection for stabilisation and texture optimisation of functional beverages and the inclusion of dietary fibre* (pp. 3–38). Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9781845695569.1.3>
11. Farias, D. D. P., Araújo, F. F. D., & Neri-numa, I. A. (2019). Prebiotics: trends in food, health and technological applications. *Trends in Food Science and Technology*, 93(July), 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.09.004>
12. Gabbi, D. K., Bajwa, U., & Goraya, R. K. (2018). Physicochemical, melting and sensory properties of ice cream incorporating processed ginger (*Zingiber officinale*). *International Journal of Dairy Technology*, 71(1), 190–197. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12430>
13. Gałkowska, D., Południak, M., Witczak, M., & Juszczak, L. (2020). Effect of prebiotic polysaccharides on the rheological properties of reduced sugar potato starch based desserts. *Polymers*, 12(10), 1–13. <https://doi.org/10.3390/polym12102224>

14. Ghanbari, M., Mortazavian, A. M., Ghasemi, J. B., Mohammadi, A., Hosseini, H., & Neyestani, T. R. (2017). Formulation and development of a new prebiotic cereal-based dairy dessert: Rheological, sensory and physical attributes. *Food Science and Technology Research*, 23(5), 637–649. <https://doi.org/10.3136/fstr.23.637>
15. Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J., Scott, K., Stanton, C., Swanson, K. S., Cani, P. D., Verbeke, K., & Reid, G. (2017). The international scientific association and scope of prebiotics. *Nature Publishing Group*, 14(8), 491–502. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2017.75>
16. Hamidpour, R., Hamidpour, M., Hamidpour, S., & Shahlari, M. (2015). Cinnamon from the selection of traditional applications to its novel effects on the inhibition of angiogenesis in cancer cells and prevention of Alzheimer's disease, and a series of functions such as antioxidant, anticholesterol, antidiabetes, antibacterial, antifungal, nematicidal, acaracidal, and repellent activities. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 5(2), 66–70. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2014.11.008>
17. Hentati, F., Pierre, G., Ursu, A. V., Vial, C., Delattre, C., Abdelkafi, S., & Michaud, P. (2020). Rheological investigations of water-soluble polysaccharides from the Tunisian Brown seaweed *Cystoseira Compressa*. *Food Hydrocolloids*, 103, 105631. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105631>
18. Jorge, F., Ruiz, V., González-Tomás, L., & Costell, E. (2005). Rheology of dairy custard model systems: Influence of milk-fat and hydrocolloid type. *European Food Research and Technology*, 221(3–4), 342–347. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-1174-8>
19. Khodaei, N., Nguyen, M. M., Mdimagh, A., Bayen, S., & Karboune, S. (2021). Compositional diversity and antioxidant properties of essential oils: Predictive models. *LWT*, 138, 110684. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110684>
20. Kuriya, S. P., Silva, R., Rocha, R. S., Guimaraes, J. T., Balthazar, C. F., Pires, R. P. S., Filho, E. R. T., Pimentel, C., Freitas, M. Q., Cappato, L.

P., Raices, R. S. L., Cruz, A. G., Silva, M. C., & Esmerino, E. A. (2020). Assessment the impact of the electric field on the quality parameters of blueberry flavored dairy desserts. *Food Research International*, 134, 109235. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109235>

21. Li, Y., Shabani, K. I., Qin, X., Yang, R., Jin, X., Ma, X., & Liu, X. (2019). Effects of cross-linked inulin with different polymerisation degrees on physicochemical and sensory properties of set-style yoghurt. *International Dairy Journal*, 94, 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.02.009>

22. Naeli, M. H., Milani, J. M., Farmani, J., & Zargaraan, A. (2022). Developing and optimizing low-saturated Oleogel shortening based on ethyl cellulose and hydroxypropyl methyl cellulose biopolymers. *Food Chemistry*, 369, 130963. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130963>

23. Nezhad, N. A. K., Ghanbarzadeh, B., & Dehghannya, J. (2018). Flow and viscoelastic behavior of Iranian starch-based low calorie dessert (Palda). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(1), 301–310. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9641-z>

24. Osborn, D. A., & Sinn, J. K. (2007). Prebiotics in infants for prevention of allergic disease and food hypersensitivity. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 17(4), CD006474. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006474.pub2>

25. Samakradhamrongthai, R. S., Jannu, T., Supawan, T., Khawsud, A., Aumpa, P., & Renaldi, G. (2021). Inulin application on the optimization of reduced-fat ice cream using response surface methodology. *Food Hydrocolloids*, 119(May), 106873. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106873>

26. Sulejmani, E., Boran, O. S., Huppertz, T., & Hayaloglu, A. A. (2021). Rheology, microstructure and sensory properties of low-fat milk jam: Influence of inulin type, sucrose content, sodium bicarbonate and calcium chloride. *International Dairy Journal*, 123, 105–162. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105162>

27. Sun, H., Saeedi, P., Karuranga, S., Pinkepank, M., Ogurtsova, K., Duncan, B. B., Stein, C., Basit, A., Chan, C. N. J., Claude, J., Pavkov, M.

E., Ramachandaran, A., Wild, S. H., James, S., Herman, W. H., Zhang, P., Bommer, C., Kuo, S., Boyko, E. J., & Magliano, D. J. (2022). IDF diabetes atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 183, 109119. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2021.109119>

28. Tárrega, A., Rocafull, A., & Costell, E. (2010). Effect of blends of short and long-chain inulin on the rheological and sensory properties of prebiotic low-fat custards. *LWT*, 43(3), 556–562. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.10.002>

29. Toker, O. S., Dogan, M., Canıylmaz, E., Ersöz, N. B., & Kaya, Y. (2013). The effects of different gums and their interactions on the rheological properties of a dairy dessert: A mixture design approach. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 896–908. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0787-8>

30. Wang, R., Wan, J., Liu, C., Xia, X., & Ding, Y. (2019). Pasting, thermal, and rheological properties of Rice starch partially replaced by inulin with different degrees of polymerization. *Food Hydrocolloids*, 92, 228–232. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.008>

31. Wang, T., Zhang, M., Fang, Z., Liu, Y., & Gao, Z. (2016). Rheological, textural and flavour properties of yellow mustard sauce as affected by modified starch, xanthan and guar gum. *Food and Bioprocess Technology*, 9(5), 849–858. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1673-6>

32. Wang, Y. X., Yin, J. Y., Huang, X. J., & Nie, S. P. (2019). Structural characteristics and rheological properties of high viscous glucan from fruit body of *Dictyophora rubrovolvata*. *Food Hydrocolloids*, 101, 105514. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105514>