НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет харчових технологій та управління якістю продукції АПК

УДК 664.144(083.12)

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету харчових технологій та управління якістю продукції АПК
_____ Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО
«____»_____2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
В.о. завідувача кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів
_____Наталія ГОЛЕМБОВСЬКА
«____»_____2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: «Розробка рецептурної композиції зефіру оздоровчого призначення»

Спеціальність **181 «Харчові технології»**

Освітня програма **«Нутриціологія»**

Орієнтація освітньої програми **освітньо-наукова**

Гарант освітньої програми

к.т.н., доцент _____ Людмила ТИЩЕНКО

Керівник магістерської роботи

доктор філософії, доцент _____ Микола НІКОЛАЄНКО

Виконав **_____** Олександр КАМІНСЬКИЙ

КИЇВ – 2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет харчових технологій та управління якістю продукції АПК

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів
_____ Наталія ГОЛЕМБОВСЬКА
«_____» _____2025 р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ
Камінському Олександру Йосиповичу

Спеціальність **181«Харчові технології»**
Освітньо-професійна програма **«Нутріціологія»**
Орієнтація освітньої програми **освітньо-наукова**
Тема магістерської роботи **«Розробка рецептурної композиції зефіру оздоровчого призначення»,** затверджена наказом ректора НУБіП України від «17 січня» 2024 р. № 52 «С»
Термін здачі студентом завершеної роботи на кафедру – 10.06.2025 р.
Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:
дані спеціальної літератури; нормативно-технічні документи; довідники; монографії; періодичні видання; власні дослідження та спостереження. Економічно-статистична інформація щодо розрахунків економічної ефективності виробництва зефіру.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:
поживна та харчова цінність гарбузового пюре, як функціонального інгредієнту; дослідження технологічного процесу виготовлення та визначення виходу зефіру; проведення оцінки органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників зефіру; висновки.
Перелік ілюстрованого матеріалу (таблиці, схеми, графіки тощо):
таблиці, рисунки, графіки

Дата видачі завдання «14» квітня 2024 р.

Керівник магістерської роботи _____ Микола НІКОЛАЄНКО
Завдання прийняв до виконання _____ Олександр КАМІНСЬКИЙ

РЕФЕРАТ

У дослідницькій роботі розглядається процес створення рецептури зефіру з поліпшеними функціональними властивостями та зменшеним енергетичним навантаженням. Основна увага приділяється аналізу можливості часткової заміни традиційного білого цукру на полідекстрозу, а також додаванню овочевих компонентів — зокрема гарбузового пюре в поєднанні з прянощами — до складу продукту.

Доведено ефективність використання в рецептурі зефіру полідекстрози, гарбузового пюре, маракуї та спецій. Визначено оптимальні кількісні пропорції цих інгредієнтів для досягнення бажаних органолептичних і фізико-хімічних властивостей готового продукту. Застосовано системний підхід до технологічного процесу створення зефіру. Розроблено рецептуру і технологічну карту на виріб під назвою «Тропічний глінтвейн».

Пропонується реалізація виробничого процесу на потоково-механізованій лінії із використанням сучасної зефіровідсаджувальної машини, що забезпечує формування та подальше з’єднання половинок виробу. Крім того, передбачено встановлення технологічних ліній для виробництва збивних цукерок та нуги.

Ключові слова: ЗЕФІР, ГАРБУЗОВЕ ПЮРЕ, ПОЛІДЕКСТРОЗА, МАРАКУЙЯ, ПРЯНОЩІ, ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ
ВСТУП 4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ 7
1.1. Сучасний стан виробництва пастильних виробів 7
1.2. Аналіз виробництва зефіру на різних драглеутворювачах 9
1.3. Основи формування пінно-драглеподібної структури зефіру 12
1.4. Шляхи розширення асортименту зефіру. Аналіз існуючих розробок 13
1.5. Перспектива використання гарбузового та маракуйного пюре в технології зефіру для підвищення його харчової цінності та покращення органолептичних властивостей 16
1.6. Шляхи зниження калорійності зефіру. Характеристика харчового волокна полідекстрози 19
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ КСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ 22
2.1. План проведення аналітичних і експериментальних досліджень 22
2.2. Характеристика об’єктів дослідження 24
2.3. Методи та методики досліджень 31
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ 35
3.1. Дослідження можливості заміни частини цукру полідекстрозою при виробництві зефіру 35
РОЗДІЛ 4. ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ 49
4.1. Дослідження можливості розширення асортименту зефіру за рахунок заміни яблучного пюре пюре гарбуза та маракуї з додаванням прянощів 49
4.2. Оцінка органолептичних показників якості розробленого низькокалорійного зефіру із поліпшеною органолептикою 51
4.3. Дослідження показників якості готових виробів 56
ВИСНОВКИ 59
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 61

ВСТУП

Кондитерська промисловість займає чільне місце в харчовому секторі України. За даними рівня споживання солодощів на одну особу (близько 15 кг на рік), Україна входить у першу десятку світових лідерів — посідає восьму позицію [1].Основною споживчою аудиторією є люди віком від 18 до 55 років, причому більшість серед них становлять жінки — близько 67% [2].

Станом на сьогодні, попри складні умови, викликані війною, в Україні функціонує понад 850 підприємств, що спеціалізуються на виробництві кондитерських виробів. Провідними виробниками галузі є такі компанії, як «Roshen», «Konti», «АВК», «Світоч» та «Mondelez». Суттєвий внесок у загальну частку ринку також забезпечують «Житомирські ласощі», «Монделіс Україна», «Бісквіт-Шоколад», «Полтава-кондитер», «Ярич» та інші. Багато з них, особливо малі виробництва, зазнали значних збитків через бойові дії: ускладнений імпорт сировини спричинив подорожчання, було втрачено значну частину врожаїв, а обмеження експорту негативно вплинуло на фінансові показники підприємств. Деякі компанії, як-от «Монделіс Україна», постраждали фізично — їхні виробничі потужності зазнали пошкоджень внаслідок обстрілів, що призвело до критичних втрат.

Складність умов виготовлення продукції обумовлена також пошкодженням важливої інфраструктури, обмеженим доступом до води, електроенергії, газу. Після початку повномасштабного вторгнення помітно зросла частка імпортної продукції, адже багато українських виробництв були змушені призупинити роботу або зіткнулися з логістичними труднощами. До війни імпорт солодощів складав приблизно 5% від загального обсягу [2].

Незважаючи на всі виклики, галузь поступово відновлює виробничі обсяги й активно бере участь у підтримці економіки шляхом експорту. Висока якість українських солодощів, а також відсутність митних зборів при постачанні до країн ЄС, робить цей сектор привабливим для інвесторів навіть у періоди нестабільності.

Навіть у часи пандемії галузь демонструвала розвиток: у споживанні кондитерських виробів зафіксовано зростання на 28% [3]. У складних умовах, коли населення перебуває у стресі, збільшується попит на солодощі як на засіб тимчасового поліпшення самопочуття, що пов'язано з психологічним ефектом задоволення та швидкого отримання енергії.

Водночас, постійне вживання продуктів з високим вмістом цукру негативно позначається на здоров'ї — стимулюється інсулярний апарат підшлункової залози, що значно підвищує ризик розвитку цукрового діабету. Це зумовлює актуальність розробки нових рецептур кондитерських виробів з підвищеним вмістом вітамінів, мінералів, харчових волокон та інших біологічно активних компонентів.

Сучасні тенденції вимагають створення функціональних харчових продуктів, які не лише смакують, а й сприяють зміцненню здоров'я, зменшенню ризику захворювань та підвищенню якості життя. Такі продукти повинні містити незамінні амінокислоти, вітаміни, макро- й мікроелементи, поліненасичені жирні кислоти, харчові волокна, що здатні підвищити стійкість організму до негативного впливу довкілля [4].

Наукові дослідження доводять, що дотримання раціонального харчування в поєднанні зі споживанням функціональних продуктів має позитивний вплив на стан здоров'я людини [5,6]. Кондитерські вироби залишаються важливими у щоденному раціоні українців завдяки своїм смаковим властивостям, доступності й естетичній привабливості. Проте надлишковий вміст цукру в них потребує коригування.

Одним із перспективних напрямів є використання нетрадиційної рослинної сировини, яка дозволяє не лише урізноманітнити асортимент, а й поліпшити технологічні, органолептичні та поживні характеристики готової продукції. Такі інгредієнти можуть впливати на структуру та консистенцію, надаючи виробам нових властивостей.

Особливе значення має зниження калорійності солодощів та зменшення вмісту чистого цукру. Це можна досягти завдяки застосуванню сучасних

підсолоджувачів, які не мають високої енергетичної цінності, зокрема полідекстрози. Її використання є доцільним як з точки зору безпеки для здоров’я, так і з огляду на економічну ефективність, адже традиційне виробництво цукру є досить витратним.

Таким чином, перспективним напрямом розвитку є створення функціональних кондитерських виробів на основі нетрадиційної сировини та безпечних замінників цукру з низьким глікемічним індексом. Це дозволить підвищити харчову цінність продукції, поліпшити її смакові властивості та адаптувати під вимоги сучасного споживача.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Сучасний стан виробництва пастильних виробів

Сьогоднішній попит на цукристі кондитерські вироби серед широкого кола споживачів різного віку пояснюється не лише харчовими, а й значною мірою емоційними факторами. Споживання таких виробів асоціюється з естетичним задоволенням завдяки їх привабливому зовнішньому вигляду, приємному смаку, аромату, характерній текстурі, цікавій формі та яскравому оформленню упаковки. Усі ці характеристики позитивно впливають на психоемоційний стан людини, стимулюючи центральну нервову систему і викликаючи відчуття задоволення [9].

Група пастильних виробів, обрана для даного дослідження, належить до популярних серед кондитерських виробів і є однією з найдоступніших для широкого кола споживачів. Основу їхньої рецептури складають яєчний білок, різні види моно- та дисахаридів (зокрема глюкоза, фруктоза та сахароза, які часто поєднуються у різних співвідношеннях), а також фруктово-ягідна сировина — джерело пектину й інших харчових волокон. До складу також входять драглеутворювачі різного походження. Зазначені компоненти не лише впливають на фізико-хімічні характеристики виробів, але й збагачують їх функціональними речовинами.

Основною проблемою пастильної продукції, що представлена на ринку, є дисбаланс у хімічному складі. Сучасна кондитерська промисловість зазнала значного тиску з боку необхідності зниження собівартості продукції. З цією метою великі виробники все частіше вдаються до заміни традиційної сировини на дешевші її аналоги — структуроутворювачі та поліпшувачі, які не завжди забезпечують потрібну якість готових виробів [10, 11]. Як наслідок, функціональна цінність пастильних виробів істотно знижується, а високий вміст цукру, що залишається незмінним, при регулярному споживанні може спричинити розвиток таких захворювань, як цукровий діабет другого типу.

Зростаючий інтерес до здорового способу життя, підкріплений активним розвитком науки про харчування (нутриціології), зумовлює переосмислення

споживчих пріоритетів. Люди все більше усвідомлюють тісний взаємозв'язок між якістю їжі та станом здоров'я. Це спонукає як споживачів, так і виробників до перегляду харчової поведінки, сприяючи поширенню продукції з підвищеними поживними та оздоровчими властивостями.

Сучасні харчові продукти мають не лише задовольняти базові фізіологічні потреби організму, але й виконувати профілактичні та навіть лікувальні функції. У зв'язку з цим активно розвивається сегмент функціонального харчування — новітнього покоління продуктів, що відповідають вимогам стандартів якості та сучасних реалій. Серед загальносвітових трендів харчової промисловості — зростаючий попит на функціональні кондитерські вироби. Сучасний покупець частіше звертає увагу не лише на ціну, а й на користь продукту. Інноваційність, функціональність та емоційна привабливість стають вирішальними критеріями вибору товару [10].

З огляду на обмежені можливості споживчого бюджету в Україні, надзвичайно важливо зберігати доступність виробів пастильної групи. Це сприяє не лише підтримці продажів, а й забезпечує ширший доступ населення до продукції з підвищеною харчовою цінністю.

Останніми роками спостерігається активізація як великих, так і малих виробників у напрямі вдосконалення рецептур пастильних виробів, особливо у функціональному сегменті. Продукція збагачується вітамінами, мінералами, ферментами, харчовими волокнами та екстрактами рослинного походження. Значна увага приділяється процесам оптимізації технологій виробництва та введенню нових компонентів, які дозволяють значно підвищити харчову цінність готових виробів, зокрема й продукції мармеладно-пастильної групи.

На сьогоднішній день розроблено чимало рецептур пастильних виробів функціонального призначення. Наприклад, існують технології виготовлення зефіру без цукру — з використанням таких цукрозамінників, як ізомальт, мальтит та фруктоза, що дозволяє виготовляти продукцію, придатну для споживання хворими на цукровий діабет. Альтернативно застосовуються сорбіт

і полідекстроза як безпечні замінники цукру, які не мають вираженої енергетичної цінності [12].

Одним із найбільш перспективних напрямків вдосконалення пастильної продукції є використання комбінованої овочево-фруктової сировини, що дає змогу збагачувати вироби функціонально активними речовинами, покращуючи при цьому їхні споживчі характеристики. Використання нетрадиційної рослинної сировини дозволяє не лише розширити асортимент, але й формувати продукцію з новими органолептичними властивостями та покращеним впливом на здоров'я споживача.

1.2. Аналіз виробництва зефіру на різних драглеутворювачах

У процесі виготовлення зефіру ключову роль у формуванні його текстурних властивостей відіграють полімерні драглеутворювачі. Серед основних структуроутворюючих агентів у цій технології використовуються крохмаль, агар, желатин, а також похідні речовини — пектини, альгінати, агароїд, модифіковані крохмалі тощо [13].

Пектин є одним з найпоширеніших гелеутворювачів у виробництві зефіру. Основною сировиною для його добування служать яблучні вичавки, відходи переробки цитрусових плодів, кошики соняшника та буряковий жмих. Хімічно пектин — це полісахарид, молекули якого побудовані з ланцюгів галактуронової кислоти, з'єднаних глюкозидними зв'язками. Молекулярна маса пектинів варіюється залежно від джерела сировини: яблучний — приблизно 35500, буряковий — 28000, соняшниковий — 38000. Драглеутворюючі властивості виявляють лише ті пектинові фракції, молекулярна маса яких перевищує 10000.

Процес утворення гелю пектиновими речовинами в зефірній масі відбувається досить швидко за умов, коли концентрація цукру в рідкій фазі досягає рівня насиченого розчину при температурі близько 70 °С. У таких умовах вода майже повністю зв'язана цукровими молекулами, що створює сприятливе середовище для формування драглів [14].

Ще одним поширеним структуроутворювачем у виробництві пастильних виробів, зокрема зефіру, є агар. Його отримують з червоних морських водоростей (анфельція) шляхом довготривалого кип’ятіння у воді з лужними добавками. Агар належить до високомолекулярних полісахаридів із ланцюговою структурою, схожою до пектинових. Його молекулярна маса зазвичай знаходиться в межах 11000–25000.

У холодній воді агар не розчиняється, але активно набрякає, утворюючи колоїд. При кип’ятінні переходить у розчин, який при охолодженні утворює міцний гель, якщо концентрація агару перевищує 0,2%. Розчин агару з концентрацією 1% формує прозоре, склоподібне драгле. Додавання цукру в розчин підвищує міцність гелю. Температура його гелеутворення становить приблизно 40 °С. Водночас, агар виявляє нестійкість до дії кислот — при температурі 60–70 °С в кислому середовищі відбувається його гідроліз, що значно погіршує гелеутворюючу здатність.

Агароїд, який також отримують з морських водоростей (філофора нервоза), за хімічною природою подібний до агару. Він містить галактозу, фруктозу, глюкозу, а також мінерали (сірка, натрій, кальцій, магній) та невелику кількість ацетильованих груп. Молекулярна маса агароїду складає 2500–5000. У порівнянні з агаром і пектином, гідрофільність агароїду є слабшою. При охолодженні його 1% розчину утворюються драглі з нижчою міцністю, ніж в агару, але в присутності цукру ці драглі мають підвищену в’язкість і стабільність. У виробництві зефіру його гелеутворююча здатність у 3–3,5 рази нижча, ніж у агару, і у 2–2,5 рази — ніж у пектину. Температура гелеутворення у присутності цукру та кислоти становить близько 70 °С.

До інших представників драглеутворювачів відносять фурцеларан, модифіковані крохмалі та желатин. Фурцеларан отримують із бурих морських водоростей фурцелярії. Він подібний до агароїду, але формує гелі з вищою міцністю, які зберігають свої властивості навіть після тривалого кип’ятіння (30–60 хв). Для приготування желе достатньо 0,2–0,5% фурцелярану. Його

використовують у виробництві самбуків, фруктових желе, кремів, а також як покриття для кондитерських виробів.

Модифіковані крохмалі утворюють гелі при охолодженні після розварювання. Для цього необхідна велика кількість води (в 10–12 разів більше, ніж крохмалю), яку згодом потрібно видалити під час сушіння. Формування структури триває довго — до 3–4 годин, тому застосування таких крохмалів обмежене.

Желатин — це білковий гелеутворювач, без запаху та смаку, з молекулярною масою 50–70 тис. Його додають до 4% у рецептурах желе, мусів і самбуків. Переваги желатину — прозорість, еластичність гелю, здатність до збивання. Недоліки — повільне гелеутворення та необхідність тривалого охолодження. Його часто комбінують з іншими речовинами, зокрема альгінатом натрію, який у 4 рази сильніше гелетує, ніж желатин.

Альгінат натрію отримують із бурих морських водоростей. У технології зефіру його рекомендують поєднувати з желатином або пектином. Такі комбінації забезпечують кращу піноутворюючу здатність, структурну міцність та органолептичні показники виробів. У кислому середовищі білково-полісахаридні комплекси мають підвищену здатність до адсорбції, що формує стійку піну. Комбінування желатину з пектином дає стабільнішу піну, особливо при низьких температурах зберігання [15].

Температурний режим також впливає на стійкість піни: при 50 °С зменшується в’язкість, піна формується швидше, але швидко розпадається. Найкращі результати досягаються при збиванні желатину з пектином у кислому середовищі з pH 4,5 — утворюється піна з високою стабільністю. Важливо при цьому звести до мінімуму кількість структуроутворювача без шкоди для властивостей готового продукту.

У технології зефіру доцільним є застосування пектиновмісної сировини у вигляді пюре, а не чистого пектину. Це дозволяє регулювати хімічний склад, підвищувати біологічну цінність і формувати функціональні властивості

готових виробів. Перспективною сировиною у цьому контексті є гарбуз, що містить значну кількість пектинових речовин [16].

1.3. Основи формування пінно-драглеподібної структури зефіру

Зефір належить до групи кондитерських виробів, у яких структура формується шляхом поєднання процесу збивання фруктово-ягідного пюре з цукром та яєчним білком і подальшого введення в масу драглеутворюючих компонентів. У результаті утворюється легка пініста маса, стабілізована внаслідок гелеутворення.

Отримана структура зефіру має вигляд стабільної піни, укріпленої гелевим каркасом. Піни за своєю природою є дисперсними системами, що складаються з численних бульбашок газу (здебільшого повітря), розділених тонкими плівками рідкої фази. У зефірній масі роль дисперсної фази відіграє повітря, а дисперсійне середовище формують цукрово-білково-фруктові колоїди, які здатні переходити в гелевий стан.

Для створення якісної піни необхідно забезпечити оптимальні умови — зокрема, відповідну в'язкість розчину та зниження поверхневого натягу на межі розділення фаз (рідина–газ). З цією метою до суміші вводиться яєчний білок, який виконує функцію поверхнево-активної речовини. Його властивості дозволяють зменшити товщину плівки, що утворюється між пухирцями повітря, а також забезпечити значну площу міжфазного контакту. Водночас в’язка основа перешкоджає надмірному стіканню рідини та коалесценції бульбашок, сприяючи стабільності піни.

Стійкість отриманої пінистої маси зумовлюється структурно-механічними характеристиками адсорбційних шарів на межі фаз. Ці шари уповільнюють стікання рідини, зменшуючи швидкість витончення плівок. У результаті формується пружний гелевий каркас, що забезпечує масі зефіру фізико-хімічні властивості, близькі до твердого тіла [18].

Ступінь дисперсності зефірної маси залежить від цілого ряду технологічних факторів. Найкраще спінювання білкової маси досягається при температурі 20–30 °С, тоді як максимальна стабільність піни фіксується при

температурі 20 °С. Підвищення концентрації яєчного білка у рецептурі позитивно впливає на піноутворення та стійкість структури. Однак додавання цукрів до білка знижує піноутворюючі властивості — менш помітне зниження при використанні інвертного цукру, сильніше — при введенні сахарози, глюкози або кукурудзяного сиропу.

Жирові компоненти негативно впливають на піноутворюючі властивості білкових сумішей і знижують стабільність піни. Оптимальні умови для формування піни з яєчного білка досягаються у слабко- або середньолужному середовищі. Введення до білкових розчинів солей сприяє зростанню піноутворення та стабільності, однак водночас збільшується тривалість самого процесу спінювання [19].

Піноподібні маси за своєю природою є термодинамічно нестабільними. Це зумовлено низьким вмістом сухих речовин і обмеженою в'язкістю. Під впливом капілярних сил і сили поверхневого натягу рідина в плівках каркасу поступово стікає, зменшуючи товщину прошарку і призводячи до руйнування структури.

Для підвищення стабільності системи зефірну масу після збивання змішують із гарячими цукровими сиропами, що містять драглеутворювачі — такі як агар, пектин або агароїд. Після охолодження гелевий каркас твердне, фіксуючи пухирці повітря у масі. У результаті зберігається об'єм і форма продукту. Залежно від типу сиропу зефірні маси поділяються на «клейові» — у разі використання агару, та «заварні» — при застосуванні мармеладної основи.

1.4. Шляхи розширення асортименту зефіру. Аналіз існуючих розробок

Більшість зефірної продукції, що представлена на вітчизняному ринку, має обмежену харчову цінність. У складі таких виробів часто бракує вітамінів, мінералів, харчових волокон та інших необхідних речовин, які забезпечують підтримку оптимального стану здоров'я людини. Саме це і зумовлює актуальність розробки рецептур з використанням рослинних інгредієнтів, що не лише підвищують поживну цінність продукції, але й відповідають смаковим уподобанням різних категорій споживачів, зокрема дітей [23].

Більшість сучасних технологій виробництва зефіру передбачає введення харчових волокон, що здебільшого імпортуються. Це створює об'єктивну потребу у розробці й впровадженні вітчизняних технологій використання локальної сировини з високим вмістом функціональних компонентів. Аналіз сучасного асортименту продукції та наукових джерел підтверджує активне впровадження в рецептури зефіру вітамінно-мінеральних комплексів, зменшення кількості цукру, а також додавання рослинної сировини з багатим нутрієнтним складом.

Зефір під назвою «Смарагд», з підвищеним умістом білка, який забезпечує 3,5% від добової потреби. Дослідження показали підвищення коефіцієнта утилітарності на 0,32%, що свідчить про кращу амінокислотну збалансованість у порівнянні зі звичайною рецептурою. Крім того, даний зразок мав високий вміст харчових волокон, що сприяє радіопротекторним і сорбційним процесам в організмі [21].

Інше дослідження [20] запропонувало рецептуру зефіру зі зниженою кількістю цукру та підвищеним вмістом волокон, досягнутим за рахунок використання концентрованої бурякової пасти.

Застосування таких овочів і фруктів, як гарбуз, слива, червона смородина та чорниця, дозволяє створити зефір з підвищеним вмістом вітамінів та антиоксидантів. Виявлено, що заміна яблучного пюре на гарбузове в межах 5–20% впливає на консистенцію виробу: продукт залишається вологим, що ускладнює стабілізацію структури, однак смакові характеристики оцінено високо. Аналогічно, зефір зі сливовим пюре відзначено за приємний аромат ванілі, м'який фруктовий присмак та не надто виражену солодкість [22].

Також створено рецептури зефірного крему з використанням желюючих агентів, гліцерину та ягідного пюре — журавлини, брусниці, обліпихи. За даними [24], доцільним є введення 10% журавлинного, 15% брусничного та 5% обліпихового пюре на відповідних етапах збивання. Це дозволяє знизити вміст пектину та кислот в рецептурі, а також повністю відмовитися від ароматизаторів [25–27].

З огляду на потреби людей із цукровим діабетом, розроблено зефір, у якому цукрову пудру замінено фруктозою. Цей компонент не лише виконує функцію підсолоджувача, а й покращує піноутворення білкової маси за рахунок зниження поверхневого натягу. Недоліками рецептури були довготривале охолодження та сушіння, утворення надлишкової вологи (10–12%) і неможливість формування тонкої скоринки. Рішенням стало підвищення масової частки сухих речовин у рецептурі до 63%, а у сиропі фруктози — до 92%, що дозволило скоротити час сушіння та стабілізувати структуру виробу [28].

В межах загальної тенденції до зниження вмісту цукру було запропоновано використання фруктових наповнювачів, зокрема порошку асаї (10,4 г/100 г), у рецептурах на основі ізомальту та еритриту. Сенсорна оцінка засвідчила прийнятність таких виробів порівняно з традиційними зразками на основі цукру. Проте залишаються відкритими питання використання цукрової пудри для декору та необхідність подальшого дослідження властивостей фруктових начинок [30].

Натуральність фруктових компонентів дозволяє відмовитися від синтетичних барвників і ароматизаторів, проте їхня нестабільність обмежує широке застосування. Для вирішення цієї проблеми запропоновано технологію мікрокапсулювання, яка забезпечує стабільність кольору та аромату шляхом ізоляції активних речовин у захисній оболонці. Однак ця технологія є дороговартісною і складною у впровадженні [34].

Дані Всесвітньої організації охорони здоров’я свідчать, що більшість підлітків споживають недостатню кількість фруктів і овочів. Харчування в навчальних закладах часто не відповідає вимогам здорового способу життя [35, 36]. У цьому контексті постає необхідність створення збалансованих меню з високим вмістом біологічно активних речовин для дітей.

Окрему увагу слід приділити стійкості рослинної сировини до мікробіологічного псування. Відомо, що високий вміст цукру в кондитерських виробах сам по собі забезпечує певний рівень захисту від мікроорганізмів [37].

Водночас, розробка виробів зі зниженим вмістом цукру потребує пошуку нових способів стабілізації.

Сучасні технології гелеутворення, зокрема ті, що базуються на холодному структуруванні, вже застосовуються при виготовленні желейних цукерок і мають потенціал для використання в зефірному виробництві [38]. Зростаючий інтерес споживачів до продуктів із натуральної фруктової сировини сприяв підвищенню популярності пастоподібних виробів з пінистою текстурою. Масова частка фруктово-овочевої сировини в таких виробах становить не менше 11% [39], що відкриває широкі можливості для функціонального збагачення.

Таким чином, до основних напрямів оновлення асортименту пастоподібних виробів слід віднести: використання нових видів натуральних наповнювачів, розширення органолептичного спектра, зниження цукрового навантаження, підвищення харчової цінності та розробку функціональних продуктів. Водночас, головною метою залишається створення виробів з високою біологічною цінністю, що поєднують традиційні органолептичні характеристики з безпечністю та користю для здоров’я.

1.5. Перспектива використання гарбузового та маракуйного пюре в технології зефіру для підвищення його харчової цінності та покращення органолептичних властивостей

Сучасна концепція здорового харчування все більше акцентує увагу на споживанні продуктів, збагачених біологічно активними речовинами (БАР), які є важливими для злагодженого функціонування організму людини. Значним джерелом таких речовин є рослинна сировина, зокрема овочі й фрукти, вирощені у відповідних кліматичних зонах. В Україні серед доступної та цінної овочевої сировини особливе місце займає гарбуз — культура, що поєднує невибагливість у вирощуванні, широке регіональне поширення та тривалий термін зберігання.

Гарбуз можна розглядати як своєрідний природний концентрат вітамінів і мінералів. Його хімічний склад включає вуглеводи (в межах 4–11%), харчові

волокна (приблизно 1,2%), пектинові речовини (0,7–1,2%), органічні кислоти (до 0,1%), а також значний комплекс мінералів: калій, кальцій, магній, фосфор, цинк, залізо. Він містить аскорбінову кислоту та вітаміни групи В. Високий вміст вологи (85–94%) не применшує його біологічної цінності — навпаки, вміст каротиноїдів, мінералів і вітамінів робить його перспективним інгредієнтом для виробництва харчових продуктів із профілактичними та біокорекційними властивостями.

У переробній галузі гарбуз використовується для отримання насіння, соку, пюре, сушених порошків, екстрактів та олії. Завдяки простоті переробки, гарбузове пюре можна ефективно інтегрувати у різні види харчової продукції, у тому числі в рецептури зефіру, що відкриває широкі можливості для збагачення готових виробів біологічно активними речовинами.

Застосування гарбузового пюре в технології зефіру дозволяє значно підвищити вміст пектинових речовин, що позитивно впливає на текстуру і стабільність виробу. Крім того, за рахунок природного кольору та аромату гарбуз здатен покращувати органолептичні властивості зефіру без необхідності використання синтетичних барвників чи ароматизаторів. Також гарбузова сировина має властивості, які сприяють зниженню калорійності кінцевого продукту, що відповідає сучасним тенденціям здорового харчування.

Ще одним перспективним інгредієнтом у рецептурі функціонального зефіру є пюре маракуї — екзотичного фрукта, відомого високим вмістом вітаміну С, органічних кислот, антиоксидантів і каротиноїдів. Завдяки насиченому смаку та аромату, маракуя може значно покращити смакову характеристику готового продукту, а також сприяти його диференціації на ринку.

Комбінування гарбузового та маракуйного пюре у рецептурі зефіру забезпечує не лише органолептичну гармонію, але й істотне збагачення продукту функціональними речовинами. Така сировина, на відміну від багатьох імпортних добавок, є більш доступною або підлягає локальному вирощуванню

й переробці, що робить проєкт економічно доцільним для впровадження у виробництво.

З технологічної точки зору гарбузове пюре, завдяки наявності пектинових речовин, може частково замінити чисті драглеутворювачі, зменшуючи загальну кількість технологічних добавок у складі зефіру. Це також дозволяє формувати необхідну структуру виробу з меншою часткою агару або желатину. Крім того, гарбуз має нейтральний смак, що сприяє ефективному поєднанню з іншими фруктовими наповнювачами, такими як маракуя, слива, яблуко тощо.

Отже, застосування гарбузового та маракуйного пюре у виробництві зефіру є доцільним як з харчової, так і з економічної точки зору. Такий підхід дозволяє створювати інноваційні види продукції з високою біологічною цінністю, привабливими смаковими якостями, зниженим вмістом цукру і підвищеною функціональністю, що відповідає сучасним запитам споживачів.

Таблиця 1.1

Фізико-хімічні показники пюре гарбуза

Зразки	Масова частка, %			Вміст, мг/100г		
	сухих речовин	титро-ваних кислот	пекти-нових речовин	L-аскорбі-нової кислоти	фенольних речовин	каро-тину
Пюре з гарбуза	5,10	0,50	1,74	5,28	51,00	35,70

Попри високу харчову цінність, гарбуз характеризується незначним вмістом органічних кислот. У зв’язку з цим для досягнення балансу між структурно-механічними властивостями та смаковими характеристиками перспективною є комбінація гарбузового пюре з пюре маракуї.

Маракуйя (Passiflora edulis) — тропічна витка рослина, що походить із Південної Америки й нині вирощується по всьому світу як плодоовочева культура, що широко використовується в харчовій промисловості. З давніх часів маракуйю застосовували в традиційній медицині для лікування тривожності, безсоння, астми, бронхіту, а також інфекцій сечовивідної системи. До її складу входить широкий спектр біологічно активних речовин: флавоноїди, алкалоїди, ціаногенні глікозиди, терпеноїди, вітаміни й мінерали. Встановлено

інгібуючий вплив водного екстракту плодів маракуї на активність матриксних металопротеїназ 2 і 9 in vitro [44].

Найпоширенішим видом вважається Passiflora edulis, але відомі й інші різновиди, які іноді мають назву granadilla. Плід маракуї містить м'якоть з великою кількістю насіння, яку можна вживати свіжою, переробляти на сік або додавати до інших напоїв. Маракуйя набуває дедалі більшого значення завдяки високому вмісту антиоксидантів і загальному сприятливому впливу на організм.

У харчовому профілі маракуї відзначається високий вміст вітаміну А (229 МО), калію (63 мг), магнію (5 мг), вітаміну С (5,4 мг), кальцію (2 мг), заліза (0,29 мг), клітковини (1,9 г), а також фосфору, ніацину та вітаміну В6. Такий склад сприяє зміцненню зору, шкіри, імунної системи, покращенню кровообігу, зниженню запалення, клітинного стресу та ризику серцево-судинних і нейродегенеративних захворювань.

Маракуйя має низький глікемічний індекс, що робить її безпечною для людей із цукровим діабетом. Дослідження показують, що її насіння містять сполуки, які покращують чутливість до інсуліну. Наприклад, дослідження 2017 року встановило, що споживання 20 мг піцеатанолу протягом 8 тижнів у чоловіків із надмірною вагою покращило їхній метаболічний профіль порівняно з контрольною групою [45].

Таким чином, поєднання гарбузового та маракуйного пюре є перспективним для розроблення зефіру зі збалансованим хімічним складом, покращеними органолептичними та структурно-механічними показниками. Такий продукт не лише матиме привабливий вигляд і смак, а й задовольнить потреби споживачів у функціональному харчуванні.

1.6 Шляхи зниження калорійності зефіру. Характеристика харчового волокна полідекстрози

Згідно з прогнозами ВООЗ, до 2030 року дві третини усіх хвороб у світі становитимуть неінфекційні захворювання хронічного характеру: ожиріння, цукровий діабет, серцево-судинні патології тощо [46].

Ожиріння — це патологічне відкладення жиру, що призводить до порушень у роботі органів та систем. Цукровий діабет — поширене метаболічне захворювання, при якому вміст глюкози в крові перевищує норму. Поширеність діабету 2 типу невпинно зростає, збільшуючи смертність і витрати на охорону здоров'я. Очікується, що до 2030 року хворіти на діабет буде 1 з 10 осіб [47].

У зв'язку з цим виникає потреба у розробленні харчових виробів зі зниженою калорійністю, зокрема кондитерських виробів. Найбільш ефективним способом зниження калорійності є зменшення частки сахарози або її повна заміна на низькокалорійні підсолоджувачі. Серед відомих підсолоджувачів:

- лактитол — одержується шляхом гідрогенізації лактози;
- ізомальтитол — утворюється з цукру за двоетапною схемою;
- еритритол — отримується шляхом мікробіологічного синтезу (Trigonopsis, Torulopsis, Moniliella);
- мальтитол — продукт гідролізу крохмалю з подальшим відновленням мальтози [47].

Кожен із цих замінників має різні характеристики: ступінь солодкості, калорійність, глікемічний індекс, технологічні властивості.

У цьому дослідженні запропоновано використовувати фруктозу та полідекстрозу як комбіновані цукрозамінники. Теоретично та експериментально встановлено оптимальне співвідношення фруктози й полідекстрози — 1,23:1, з урахуванням того, що солодкість фруктози становить 1,73, а полідекстрози — 0,15 відносно сахарози. Така комбінація забезпечує звичну для споживача солодкість, водночас надаючи зефіру дієтичних властивостей.

Фруктоза сприяє помірному підвищенню рівня глюкози в крові та дозволена до вживання у кількості 1 г/кг маси тіла при легкій формі діабету [58]. Полідекстроза (PDX) є сильно розгалуженим полімером глюкози, з випадковими α- і β-глікозидними зв'язками, з домінуванням 1→6 зв'язків. Її ступінь полімеризації варіюється в межах 2–120, у середньому — 12 [48–50].

PDX не розщеплюється в тонкому кишечнику, натомість частково ферментується мікрофлорою товстої кишки. Приблизно 60% залишку виводиться з організму з калом, а частина, що бродить, забезпечує утворення коротколанцюгових жирних кислот (SCFA), що дає приблизно 1 ккал/г [51–55].

Полідекстроза має нейтральний смак, не солодка, добре розчиняється у воді та може бути використана як наповнювач у різних продуктах — випічці, кондитерських виробах, молочних продуктах і функціональних напоях. Вона визнана харчовим волокном більш ніж у 20 країнах і схвалена до використання в понад 60 державах [56]. Добове споживання 4–12 г PDX безпечне й покращує фізіологічні функції [57].

У зефірі PDX не лише виконує функцію замінника цукру, а й відіграє роль стабілізатора структури, оскільки добре зв’язує вологу. Це дає змогу скоротити термін гелеутворення до 30 хв, покращити структуру маси, уникнути синерезису та забезпечити легку, повітряну, стабільну консистенцію готового продукту [58].

Отже, впровадження полідекстрози як функціонального компонента у рецептури зефіру є доцільним, адже вона сприяє створенню низькокалорійного, стабільного за структурою продукту, з привабливими органолептичними властивостями, що відповідає вимогам ринку та запитам споживачів щодо здорового харчування.

РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. План проведення аналітичних і експериментальних досліджень

Для забезпечення логічної послідовності дослідження в межах даної роботи було розроблено загальний план проведення досліджень, який охоплює як теоретичну, так і експериментальну частину. Основною метою програми є дослідження впливу фізико-хімічних та реологічних властивостей пюре з гарбуза і маракуї, а також харчового волокна — полідекстрози — на процес структуроутворення зефірної маси. У межах цієї програми було здійснено також розробку та оптимізацію рецептурно-компонентних рішень і виробничих параметрів для створення зефіру з підвищеною харчовою цінністю та зниженою енергетичною цінністю.

На теоретичному етапі досліджень проаналізовано сучасний стан виробництва пастильних виробів, особливості використання драглеутворювачів у технології зефіру, основи формування пінно-драглеподібної структури, роль окремих рецептурних компонентів, сучасні розробки в галузі функціональних кондитерських виробів, а також перспективи застосування гарбузового і маракуйного пюре. Окрему увагу приділено шляхам зниження калорійності шляхом впровадження до рецептури полідекстрози.

У ході експериментальних досліджень спочатку вивчали вплив рецептурних компонентів на процес виготовлення напівфабрикатів та формування готової зефірної маси. Здійснювались пробні уварювання агаро-цукрово-патокового сиропу при різних температурних режимах і тривалості, фіксувались зміни, спричинені додаванням полідекстрози, а також оцінювався вплив фруктово-овочевої сировини на структурно-механічні властивості. На основі отриманих результатів підбирались раціональні параметри уварювання сиропу для досягнення найвищих показників якості напівфабрикатів, визначалась оптимальна швидкість і тривалість збивання зефірної маси. Окремо досліджувався вплив дозування полідекстрози та пюре гарбуза і маракуї на структуру, консистенцію, стабільність і зовнішній вигляд кінцевого продукту.

На основі цих даних була розроблена технологія виготовлення зефіру зі зниженим вмістом калорій та збагаченого корисними компонентами. На завершальному етапі оцінювали органолептичні, фізико-хімічні показники та безпечність виробу. Аналізувались характеристики зефіру при виготовленні та зберіганні. Розроблялась технологічна схема виробництва відповідно до принципів системи НАССР, що передбачає контроль критичних точок і гарантує стабільну якість та безпечність продукції на всіх етапах виробничого процесу.

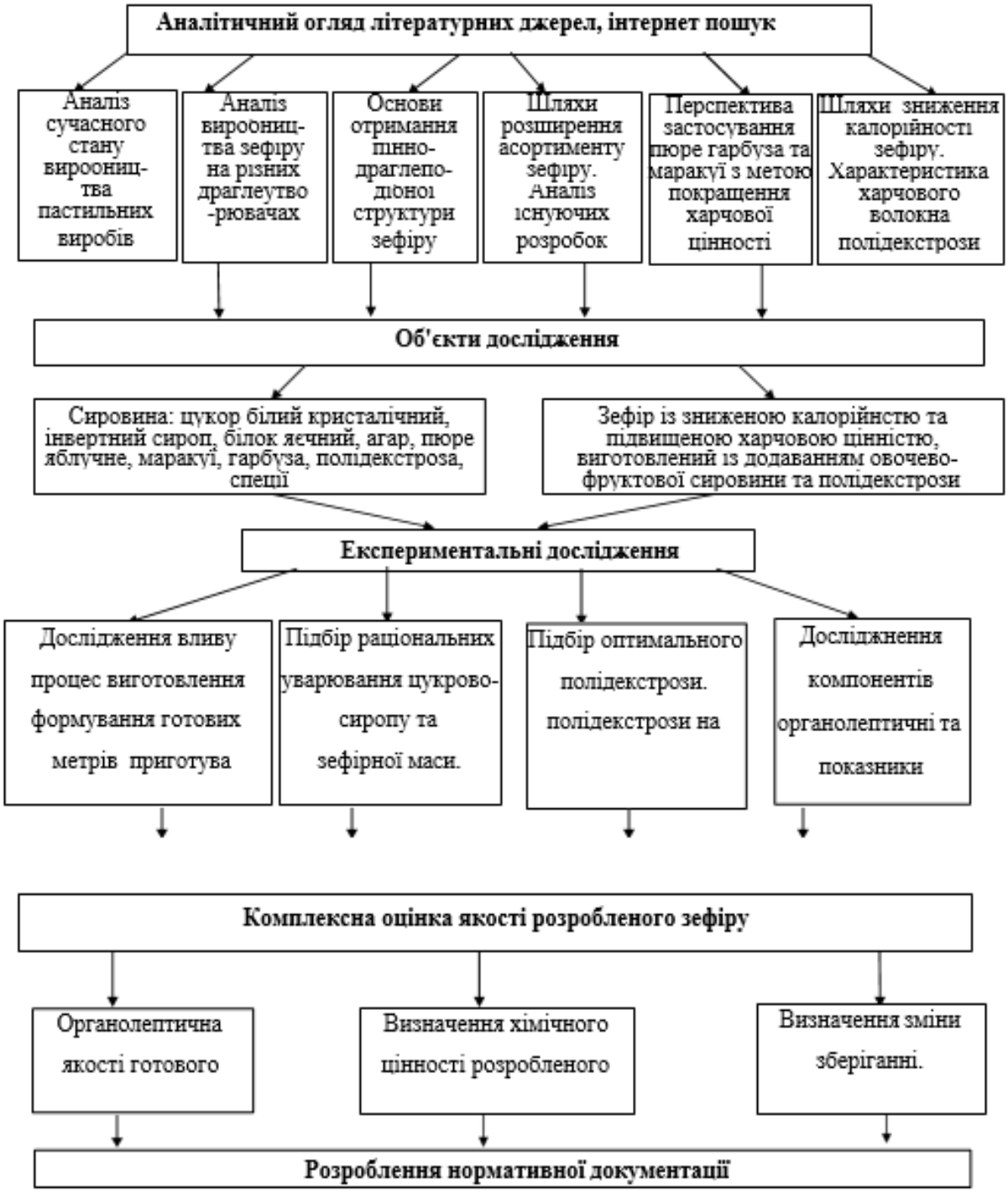


Рис 2.1. Блок схема дослідження

2.2. Характеристика об’єктів дослідження

Об’єктом дослідження є технологія виробництва пастильних кондитерських виробів зі зниженою калорійністю та підвищеною харчовою цінністю шляхом додавання пюре гарбуза та маракуйї.

При проведенні досліджень також використовували наступну сировину, яка має відповідати показникам якості згідно вимог нормативних документацій:

- цукор білий кристалічний ДСТУ 4623-2006 [62];
- патоку крохмальну ДСТУ 4498:2005 [61];
- агар харчовий ГОСТ 1628-2002 [59];
- пюре яблучне ДСТУ 8639:2016 [60];
- пюре гарбуза ДСТУ 8639:2016 [60];
- пюре маракуї ДСТУ 8639:2016 [60];
- білок яєчний ДСТУ 8719:2017 [63];
- кислоту лимонну ГОСТ 908:2006 [64];
- воду питну згідно Гігієнічних вимог до води питної, призначеної для споживання людиною (ДСанПіН 2.2.4-171-10);
- харчове волокно полідекстрозу – згідно з сертифікатом якості і за заключенням державної санітарно-епідеміологічної експертизи № 05.03.02-03⁄36783.

Таблиця 2.1

Найменування сировини	Номер та назва нормативчного документу	Вимоги до якості за	
		Органолептичними показниками	Фізико-хімічними показниками
Пюре гарбуза [60]	ДСТУ 4085-2001 Консерви овочеві, овоче-фруктові, овоче-м’яснідля дитячого харчування. Технічні	Зовнішній вигляд: Однорідна пюреподібна текуча маса, без частинок волокон, шкірки, насіння і листя. Консистенція: Пюреподібна, текуча маса. Допускаються незначні відшаровування рідини; Смак і запах:	Масова частка етилового спирту в пюре,%, не більше 0,2 Масова частка мінеральних домішок,% Не допускається

	умови[60]	Добре виражені, властиві овочам, які пройшли теплову обробку, з яких виготовлено пюре. Сторонні смак і запах не допускаються. Колір: Однорідний по всій масі, властивий кольору використаних зрілих овочів, які пройшли теплову обробку.	Масова частка розчинних сухих речовин, %, не менше: 10,0 Масова частка титрованих кислот, %, не менше: 0,5
Цукор білий кристалічний [62]	ДСТУ 4623:2006 «Цукор білий. Технічні умови» [62]	Зовнішній вигляд. Білий, чистий без плям і сторонніх домішок. Кристалічний цукор повинен бути сипким, без грудочок. Запах і смак. Солодкий без сторонніх запаху і присмаку, як в сухому цукрі, так і в його розчині. Чистота розчину. Розчин цукру повинен бути прозорим або таким, що має слабку опалесценцію без Нерозчинного осаду, механічних та інших домішок.	Масова частка сахарози (поляризація) не менш ніж 99,7 % Масова частка редукованих речовин (в перерахуванні на суху речовину) не більше ніж 0,04 % Масова частка вологи не більше ніж 0,06 % Масова частка золи (в перерахунку на суху речовину), не більше ніж 0,011% ; 6,0 балів Кольоровість в розчині, не більше ніж 22,5 од. ICUMSA 3,0 балів Масова частка феродомішок не більше ніж 0,0003 %

Продовження таблиці 2.1

Патока[61]	ДСТУ 4498:2005 «Патока крохмальна. Технічні умови» [61]	Зовнішній вигляд. Густа, в'язка рідина. Допустима незначна опалесценція. Льодяник, отриманий внаслідок варіння карамельної проби, повинен бути прозорий. Колір. Від безбарвного до блідо- жовтого. Прозорість. Прозора. Допустима опалесценція	Масова частка сухих речовин, %, не менше ніж 78,0 Масова частка редукувальних речовин (у перерахуванні на суху речовину),% на мальтозу, 30—34 % Масова частка золи (у перерахуванні на суху речовину), %, не більше ніж 0,40
Патока[61]	ДСТУ 4498:2005 «Патока крохмальна. Технічні умови» [61]	Смак і запах. Властивий патоці, без стороннього присмаку і запаху	Температура карамельної проби, С°, не менше ніж 155
Полідекстроза	Заключення державної санітарно-епідеміологічної експертизи № 05.03.02-03⁄36783	Зовнішній вигляд– Кристалічний порошок. Колір – від білого до жовтуватого відтінку. Смак та запах – властивий солодкуватий смак без запаху.	Полімер, %, не менше ніж – 90,0. Вміст 1.6 – Агідро – D – глюкози, %, не більше ніж – 4,0. Вміст D – глюкози, %, не більше ніж – 4,0. Вміст сорбітолу , %, не більше ніж – 2,0. Гідроксиметилфурфуралу, %, не більше ніж – 0,1. Вміст сульфатної золи, %, не більше ніж – 2,0. pH в межах – 5,0 – 7,0.. Масова частка вологи, %, не більше ніж – 4,0.

Продовження таблиці 2.1

Білок яєчний сухий [63]	ДСТУ 8719:2017 «Продукти яєчні. Технічні умови» [63]	Зовнішній вигляд і консистенція. Порошкоподібний або у вигляді гранул, грудочки легко можна зруйнувати натискуванням пальцем. Колір. Від білого до жовтуватого. Запах і смак. Природній яєчний, без сторонніх присмаків та запахів.	Масова частка сухої речовини,%, не менше ніж 91,0 Масова частка білкових речовин,%, не менше ніж 85,0 Розчинність, %, не менше ніж 90, 0 Концентрація водневих іонів, pH, не менші ніж 7,0
Яблучне пюре[60]	ДСТУ 8639:2016 «Пюре-напівфабрикати фруктові. Загальні технічні умови»[60]	Зовнішній вигляд: Однорідна пюреподібна текуча маса, без частинок волокон, шкірки, насіння, плодоніжок і листя Консистенція: Пюреподібна, текуча маса. Допускаються незначні відшаровування рідини; для концентрованого пюре густіша, але текуча маса Смак і запах: Добре виражені, властиві фруктам (овочам), які пройшли теплову обробку, з яких виготовлено пюре. Сторонні смак і запах не допускаються.	Масова частка етилового спирту в пюре,%, не більше 0,2 Масова частка мінеральних домішок,% Не допускається Масова частка розчинних сухих речовин, %, не менше: 10,0 Масова частка титрованих кислот, %, не менше: 0,5

Продовження таблиці 2.1

Пюре маракуї [60]	ДСТУ 8639:2016 «Пюре напівфабрикати фруктові. Загальні технічні умови» [60]	Зовнішній вигляд: Однорідна пюреподібна текуча маса без частинок волокон, шкірки, насіння, плодоніжок та листя. Консистенція: Пюреподібна плинна маса. Смак і запах: Добре виражені, властиві фруктам, з яких виготовлено пюре. Колір Однорідний по всій масі, властивий кольору використаних зрілих фруктів.	Масова частка етилового спирту, %, не більше 0,2 Масова частка мінеральних домішок Не допускається Сторонні домішки Недопускаються Масова частка розчинних сухих речовин, %, не менше 10,2 Масова частка титрованих кислот у перерахунку на яблучну кислоту, %, не менше 0,4
Агар[59]	ГОСТ 16280-70. «Агар пищевой. Технические условия»[59]	Зовнішній вигляд У вигляді пористих пластин товщиною не більше 20 мм; плівки товщиною не більше 0,5 мм; крупки та порошку Колір Від білого до світло- жовтого, допускається злегка сіруватий відтінок Смак та запах Без стороннього запаху та присмаку Наявність плісняви та видимих сторонніх включень Не допускається	Колір драглю з масовою часткою сухого агару 85%, не менше 60 Міцність драглю з масовою часткою сухого агару 85%, не менш 300 Втрата міцності драглю змасовою часткою сухого агару 85%, після нагрівання розчину 2 год, %, не більше 1600 Температура плавлення драглю з масовою часткою сухого агару 85%, °С не нижче 80.

Продовження таблиці 2.1

Лимонна кислота[64]	ГОСТ 908:2006 «Кислота лимонна моногідрат харчова. Технічні умови.» наведені в таблиці[64]	Зовнішній вигляд та колір Безбарвні кристали або білий порошок без грудочок Смак Кислий, без стороннього присмаку Запах Відсутність запаху Структура Сипуча та суха, на дотик не липка Механічні домішки Не допускаються	Масова частка лимонної кислоти,%, не менше 99,5 не більше 100,5 Масова частка води, %, не менше 7,5 не більше 8,8 Масова частка сульфатної золи, % не більше 0,05 Масова частка сульфатів, % не більше 0,015 Масова частка оксалатів, %, не більше 0,01

Органолептичні та фізико-хімічні показники якості питної води (ДСанПіН 2.2.4171-10)

Таблиця 2.2

№	Найменування показників	Нормативи, не більше	Клас небезпеки
1	Запах	2	-
2	Каламутність	0,5	-
3	Кольоровість	20	-
4	Присмак	2	-
5	Водневий показник, pH, в діапазоні	6,5-8,5	-
6	Мінералізація загальна (сухий залишок)	1000	-
7	Жорсткість загальна	7	-

Об’єктом дослідження є зефір, показники органлептичних та фізико-хімічних показників якого нормуються за ДСТУ 6441:2003 «Пастильні вироби. Загальні технічні умови.» [22].

Таблиця 2.3

Органолептичні показники якості зефіру

Назва показника	Характеристика
Смак і запах	Властивий даному виду виробів, з врахуванням смакових добавок, без стороннього присмаку і запаху. Не допускається присмак сірчистого ангідриду, різкий смак і запах есенцій, що використовувались.
Колір	Властивий даному найменуванню виробів, рівномірний
Консистенція	М’яка, легко піддається до розлому.
Структура	Властива даному найменуванню виробів, рівномірна, дрібнопориста
Форма	Властива даному найменуванню виробів
Поверхня	Властива даному найменуванню виробів, без грубого затвердіння на бокових гранях і виділення сиропу.

Таблиця 2.4

Фізико-хімічні показники якості зефіру

Назва показника	Зефір
Масова частка вологи, %, не більше	Відповідно до рецептури
Щільність, г/см^3, не більше	0,7
Загальна кислотність, град, не менше	0,5
Масова частка редукуючих речовин, %	7,0-14,0
Масова частка золи нерозчинної у 10 %-му розчині соляної кислоти, % не більше	0,05
Масова частка загальної сірчистої кислоти, %, не більше	0,01
Масова частка бензойної кислоти, % не більше	0,07

2.3. Методи та методики досліджень

Відповідно до мети та завдань роботи було застосовано стандартні методи досліджень, за допомогою яких визначали фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні показники якості сировини, напівфабрикатів та готових виробів.

При проведенні експериментальних досліджень дотримувались технологічних параметрів виготовлення кондитерських виробів, рекомендованих в нормативних документаціях та літературних джерелах.

Визначення піноутворювальної здатності. Визначення піноутворюючої здатності (ПУЗ) проводять наступним чином. Суміш білка (30 г) та вуглеводу (сахарози/полідекстрози – 45 г) завантажують у прозору ємкість для збивання. Відмічають початкову висоту продукту h_0 і починають збивання. Для точного визначення зміни висоти маси на зовнішню стінку стакана для збивання наклеюють смужку міліметрового паперу. Кожну хвилину протягом збивання вимірюють зміну висоти маси.

Збивання продовжують до тих пір поки зміна висоти піни не буде мати постійного значення, тобто висота піни досягне свого максимального значення h_{max}. Отримані дані записують у таблицю [65]. ПУЗ визначають за максимальною висотою стовпа піни (h_{max}) і розраховують за формулою [65]:

$$ПУЗ = \frac{h_{max} - h_0}{h_0} \times 100, \% \qquad (2.1)$$

Стійкість піни. Визначення стійкості піни (СП) проводять наступним чином. Збиту масу після збивання залишають у прозорій ємності де проводили збивання на зовнішню стінку якого попередньо наклеюють смужку міліметрового паперу. Потім протягом 2-х годин спостерігають за зміною висоти піни, відмічаючи ці зміни кожні 30 хв та розраховують СП (%) за формулою [65]

$$СП = \frac{h_t}{h_{max}} \times 100, \% \qquad (2.2)$$

де *hmax* – висота піни до вистоювання, мм;

hi – висота піни через 30, 60, 90, 120 хв вистоювання, мм;

Органолептичні показники є важливою складовою оцінки якості пастильних виробів, зокрема зефіру. До основних характеристик, які визначаються візуально або за допомогою сенсорного аналізу, належать: зовнішній вигляд, форма, колір, консистенція, смак і запах. Зовнішній вигляд оцінюють шляхом огляду виробу, звертаючи увагу на стан поверхні, чіткість малюнка, а також рівномірність обсипання цукровою пудрою. Колір перевіряють при денному розсіяному світлі та за допомогою штучного освітлення, при цьому він повинен відповідати нормам, наведеним у нормативно-технічній документації. Запах визначають шляхом декількох коротких вдихів повітря — спершу з поверхні неушкодженого виробу, потім — після його розрізання. Смак аналізують за допомогою розжовування невеликих наважок продукту (1–2 г), зіставляючи відчуття зі стандартними описами в технічній документації. Консистенцію та структуру оцінюють при механічному розламуванні зразка [65].

Для кількісного аналізу органолептичних властивостей зефіру в даному дослідженні використовували п’ять базових показників: смак і запах (Р1), форма (Р2), зовнішній вигляд (Р3), колір (Р4), консистенція (Р5). З метою визначення комплексного показника якості (Ко) використовувались коефіцієнти вагомості (Мі), обґрунтовані за принципами кваліметрії. Розрахунок здійснювався за формулою:

$$\mathbf{Ко = M_i \cdot P_1 + M_i \cdot P_2 + M_i \cdot P_3 + M_i \cdot P_4 + M_i \cdot P_5} \qquad (2.3),$$

де:

Ко — комплексна органолептична оцінка якості;

Мі — вагомість кожного з показників;

Рі — значення відповідного органолептичного параметра [65].

Для визначення густини пастильних виробів використовували метод занурення у рідину з відомою густиною (наприклад, толуол, ксилол, скипидар). У попередньо заповнений мірний циліндр записували початковий об’єм рідини

(V). Після цього зважений зразок зефіру (g) занурювали у рідину, фіксуючи новий об’єм (V_i). Густину (d) визначали за формулою:

$$\mathbf{d = g / (V_1 – V)} \qquad (2.4)$$

де d — густина виробу в г/см³, g — маса зразка в грамах, V — об’єм рідини до занурення, V_i — після занурення [65].

Харчова цінність продукту відображає загальну якість його складу з точки зору забезпечення фізіологічних потреб організму. Енергетична цінність характеризує кількість енергії, яку організм може отримати внаслідок біохімічного окислення компонентів їжі. Її обчислюють на підставі вмісту білків (Б), жирів (Ж) і вуглеводів (В) у 100 г продукту із застосуванням відповідних коефіцієнтів енергетичної цінності (4,0; 9,0; 4,0 ккал відповідно). Розрахунок здійснюють за формулою:

$$\mathbf{Ец = (Б·4,0) + (Ж·9,0) + (В·4,0)} \qquad (2.5)$$

Розрахунок проводиться з урахуванням масової частки сухих речовин у готовому виробі (СРпр) та суми сухих речовин компонентів у рецептурі (СРк), що дозволяє уточнити точну енергетичну характеристику виробу.

Окрему увагу приділено оцінці глікемічного показника продукту, що дозволяє оцінити його вплив на рівень глюкози в крові. Глікемічний індекс (ГІ) відображає швидкість, з якою конкретний вуглеводний компонент перетворюється в глюкозу в організмі. За стандарт прийнята глюкоза з ГІ = 100. Чим нижчий ГІ продукту, тим менш інтенсивно він впливає на підвищення рівня цукру в крові.

Методика визначення глікемічного показника (ПГ) полягає у математичному розрахунку суми добутків значення ГІ кожного з вуглеводів, що містяться у продукті, на кількість цього вуглеводу в 100 г продукту:

$$\mathbf{ПГ = a_i \cdot x_i + a_i \cdot x_i + a_i \cdot x_i + ... + an \cdot xn} \quad (2.6)$$

де а — глікемічний індекс відповідного вуглеводу, х — його кількість у 100 г готового продукту.

Цей метод дозволяє отримати об'єктивну кількісну оцінку глікемічності, що є важливим критерієм при розробленні харчових продуктів для осіб із

підвищеною чутливістю до вуглеводів, зокрема хворих на діабет. Завдяки застосуванню розрахункових підходів за структурою рецептури та хімічним складом компонентів, визначення ПГ дає змогу коректно моделювати рецептури з урахуванням безпечного глікемічного навантаження на організм.

Таблиця 2.5

Рецептурний склад і визначення кількості вуглеводних одиниць

Сировина	Кількість сировини в 100г готового продукту	Вміст вуглеводів									
		Перший (ГІ = C_1)		Другий (ГІ = C_1)		Третій (ГІ = C_1)		Четвертий (ГІ = C_1)		П'ятий (ГІ = C_1)	
		у 100 г									
		сировини	готового продукту	сировини	готового продукту	сировини	готового продукту	сировини	готового продукту	сировини	готового продукту
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Перша сировина	b_1	a_1^1	$a_1^1 b_1$	a_1^2	$a_1^2 b_1$	a_1^3	$a_1^3 b_1$	a_1^4	$a_1^4 b_1$	a_1^5	$a_1^5 b_1$
Друга сировина	b_2.	a_2^1	$a_2^1 b_2$	a_2^2	$a_2^2 b_2$	a_2^3	$a_2^3 b_2$	a_2^4	$a_2^4 b_2$	a_2^5	$a_2^5 b_2$
m сировина	b_m	a_m^1	$a_m^1 b_m$	a_m^2	$a_m^2 b_m$	a_m^3	$a_m^3 b_m$	a_m^4	$a_m^4 b_m$	a_m^5	$a_m^5 b_m$
$\sum_{i=1}^{m} a_i b_i$ у 100 г продукту			$\sum_{i=1}^{m} a_i^1 b_i = x_1$		$\sum_{i=1}^{m} a_i^2 b_i = x_2$		$\sum_{i=1}^{m} a_i^3 b_i = x_3$		$\sum_{i=1}^{m} a_i^4 b_i = x_4$		$\sum_{i=1}^{m} a_i^5 b_i = x_5$

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Дослідження можливості заміни частини цукру полідекстрозою при виробництві зефіру

З метою вивчення доцільності часткової заміни цукру полідекстрозою у рецептурі зефіру було проведено серію попередніх випробувань з виготовлення кількох варіантів зразків. Дослідження охоплювало аналіз окремих етапів формування збитої маси та порівняння органолептичних і деяких фізико-хімічних показників якості напівфабрикатів і готових виробів на різних стадіях технологічного процесу.

Зефірна маса відноситься до піноподібних систем, які являють собою дисперсні структури, сформовані з осередків, заповнених газом (у більшості випадків повітрям), що відокремлені тонкими плівками дисперсійного середовища. У виробництві зефіру таким середовищем виступає цукрово-білково-агаровий золь, здатний до переходу в гельоподібний стан. Формування таких піноподібних мас зазвичай досягається за рахунок насичення повітрям цукрово-фруктово-білкової суміші в процесі інтенсивного збивання.

Процес формування структури збитої маси поділяється на дві основні стадії: перша — стадія аерації, під час якої маса насичується повітрям у вигляді мікроскопічних бульбашок у процесі збивання, друга — стадія вистоювання, в ході якої структура маси стабілізується завдяки утворенню гелеподібного каркасу внаслідок студнеутворення дисперсійного середовища. Цей процес забезпечує міцність і стійкість отриманої маси до подальшого формування виробів.

Яєчний білок є основним піноутворюючим агентом у технології виготовлення збивних кондитерських виробів. Його здатність до утворення та стабілізації піни істотно впливає на загальну структуру зефірної маси, її пористість, однорідність і стійкість під час подальшого технологічного оброблення.

З метою визначення впливу вуглеводних складових на піноутворюючу здатність яєчного білка було проведено окреме дослідження, в якому

порівнювались два варіанти: традиційна суміш білка із цукром та білкова суміш із полідекстрозою. Для цього була сформована модельна рецептура піни, в якій використовувалось співвідношення компонентів, аналогічне до рецептури зефіру — 30 г яєчного білка і 45 г відповідної вуглеводної складової (сахароза або полідекстроза).

У процесі дослідження оцінювались показники кінетики піноутворення — зокрема об’єм піни, час утворення піни, її стійкість протягом певного періоду часу, а також щільність і стабільність отриманої структури. Результати проведених досліджень подані у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Тривалість збивання, хв	**Висота стовпа піни, мм**	
	Зразок із сахарозою	**Зразок із полідекстрозою**
0	9	9
1	18	15
2	21	17
3	25	20
4	27	22
5	29	25
6	30	25
7	30	27
8	30	27
9		27
ПУЗ, %	**233,3**	**200**

Рис. 3.1. Порівняння кінетики піноутворення сумішей білка із поллідекстрозою та сахарозою

Рис. 3.2. Порівняння піноутворювальної здатності сумішей білка із полідекстрозою та сахарозою

У ході дослідження технологічної ефективності використання полідекстрози як часткової заміни цукру у рецептурі зефіру було проведено аналіз стійкості піни, утвореної яєчним білком у присутності різних вуглеводних компонентів — сахарози та полідекстрози. Одним з ключових показників ефективного формування зефірної маси є саме стабільність пінної структури, оскільки вона безпосередньо впливає на однорідність, пористість та формостійкість готового виробу.

Пінна система вважається стабільною, якщо утворена структура зберігається протягом певного часу без істотного зменшення об’єму або обвалення пінної фази. Стійкість піни зростає за наявності стабілізуючої плівки на межі розділу фаз — газу та рідини. Така плівка може утворюватися або за рахунок специфічної будови білкових молекул, або ж шляхом адсорбції поверхнево-активних речовин, здатних знижувати поверхневий натяг і зменшувати схильність плівки до руйнування.

У рамках цього дослідження проведено порівняння стійкості піни, отриманої при збиванні яєчного білка з сахарозою та полідекстрозою в однакових умовах. Визначення стабільності здійснювалося шляхом вимірювання об’єму піни безпосередньо після її утворення та в динаміці — через 5, 10 та 15 хвилин. Також фіксувалася наявність ознак синерезису (виділення вологи), осідання піни та зміни її текстури.

Результати порівняння показали, що білкова піна з додаванням полідекстрози утворюється повільніше, однак характеризується більш рівномірною структурою та вищою стійкістю до осідання впродовж досліджуваного періоду. Це пояснюється тим, що полідекстроза не виконує функції кристалізатора, як сахароза, та має нейтральну поверхневу активність, що сприяє утворенню тонкої, еластичної плівки білкової природи навколо газових бульбашок.

Таким чином, отримані дані свідчать про перспективність використання полідекстрози як складника рецептури зефіру не лише з точки зору зниження

енергетичної цінності виробу, а й для забезпечення стабільності пінної структури, що є важливою умовою одержання якісної зефірної маси.

Таблиця 3.2

Стійкість піни яєчного білку з різними вуглеводами

Назва показника	Час вистоювання, хв.				
	0	30	60	90	120
Комплекс білок+сахароза					
Висота стовпа, мм	30	29	27	26	24
СП, %	100,0	96,67	90,00	86,67	80,00
Комплекс білок+полідекстроза					
Висота стовпа, мм	27	26,5	25	24	23
СП, %	100,0	98,15	92,59	88,89	85,19

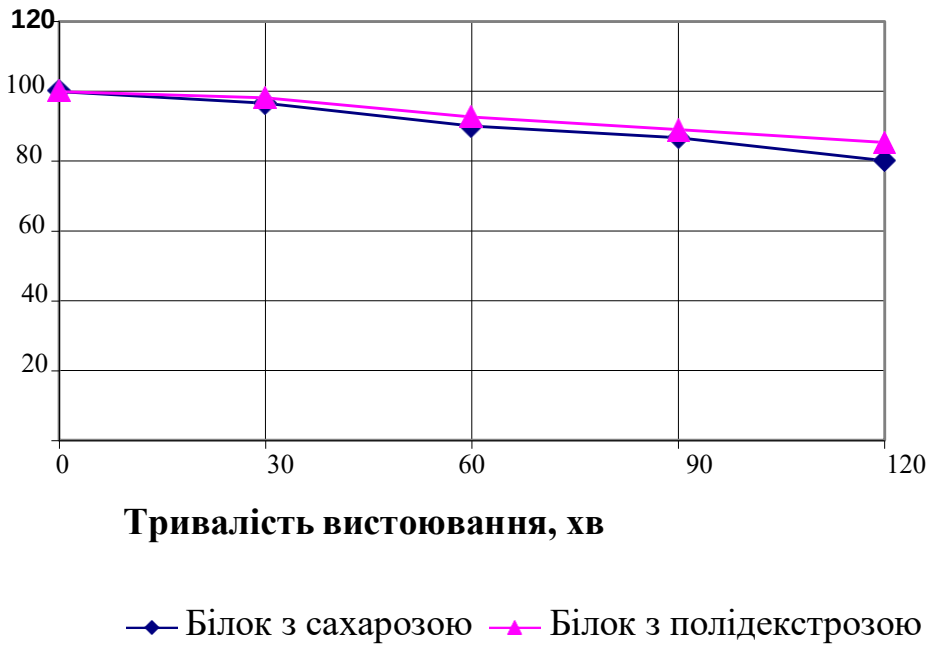


Рис. 3.3 Порівняння стійкості піни

Введення полідекстрози до складу збитої білкової маси впливає на динаміку формування та стійкість піни. Було встановлено, що за присутності цього компонента сповільнюється руйнування стінок повітряних бульбашок,

що, у свою чергу, знижує ймовірність їх розриву та коалесценції, тобто злиття бульбашок. Така особливість сприяє підвищенню загальної стабільності піни та покращенню її збереження у часі.

Однак, поряд з цим, спостерігається зменшення інтенсивності самого процесу піноутворення. Білок у присутності комплексу цукрозамінників, зокрема полідекстрози, демонструє більш повільну здатність до формування піни порівняно з традиційним білково-цукровим середовищем. Це призводить до незначного збільшення тривалості збивання, необхідної для досягнення потрібного об’єму та структури піни.

Надмірне продовження збивання призводить до зворотного ефекту — зменшення об’єму піни. Така зміна, ймовірно, пов’язана з поверхневою денатурацією білкових молекул. Під час збивання накопичується поверхнева енергія, яка за своєю дією є аналогічною до теплового впливу, що викликає денатурацію. Такий процес є необоротним і призводить до втрати функціональних властивостей білка, зокрема його здатності стабілізувати поверхневі плівки.

Внаслідок цього білкова плівка, яка обволікає пухирці повітря, втрачає механічну міцність, що викликає поступове руйнування комірчастої структури пінної маси. Таким чином, встановлено, що для забезпечення якісного формування збитої маси з додаванням полідекстрози необхідно точно регулювати тривалість та інтенсивність збивання, уникаючи надмірної механічної дії, яка може призвести до деструкції структури.

З метою встановлення доцільної частки заміни сахарози полідекстрозою у рецептурі зефіру та формування продукту, який би відповідав вимогам чинних нормативних документів за органолептичними та фізико-хімічними показниками, було розроблено експериментальні зразки зефіру зі ступенем заміни цукру до 30%. Основним завданням даного етапу досліджень стало визначення оптимального рецептурного складу, який забезпечує належну якість напівфабрикату й готового виробу.

Під час експерименту проводилась оцінка ряду ключових технологічних показників, що мають критичне значення для структури, текстури та стабільності зефірної маси. Зокрема, визначалась густина збитої маси, яка є важливим параметром, що характеризує її повітронаповненість і стабільність, а також вимірювався показник розтікання відформованих половинок зефіру, що відображає здатність маси до збереження форми після формування.

Крім того, дослідження охоплювали встановлення оптимальних технологічних параметрів на окремих етапах виробничого процесу. Визначалась температура уварювання цукрово-агаро-патокового сиропу, яка впливає на ступінь гелетворення та консистенцію. Також оцінювалась тривалість збивання зефірної маси, що прямо впливає на аерацію та стабільність структури. Окрему увагу приділено температурі під час формування половинок зефіру та тривалості їх вистоювання, що визначає рівень структурного закріплення й кінцеву форму готового виробу.

Отримані результати дозволили сформувати уявлення про допустимий рівень заміни сахарози полідекстрозою, за якого зберігаються бажані технологічні та споживчі характеристики зефіру, і стали основою для подальшої розробки технологічної карти функціонального продукту.

Таблиця 3.3

Робочі рецептури зразків зефіру

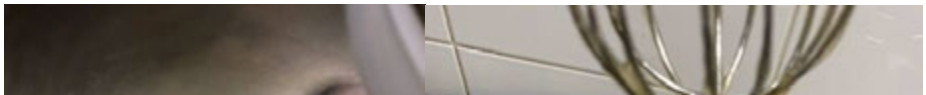
Назва інгредієнта	Кількість сировини, г						
	Контроль (з цукром)	Зразки із заміною сахарози на полідекстрозу у % співвідношенні					
		5	10	15	20	25	30
Яєчний білок	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Цукор білий кристалічний	240,0	228,0	216,0	204,0	192,0	180,0	168,0
Пюре яблучне (неуварене)	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0
Полідекстроза	–	12,0	24,0	36,0	48,0	60,0	72,0
Вода	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0
Агар	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Патока	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0
Кислота лимонна	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

Етапи дослідження:

1. Підготовка сировини.

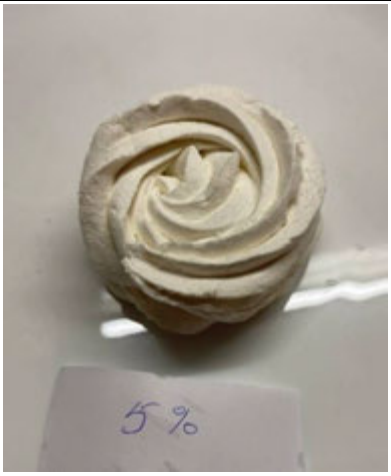
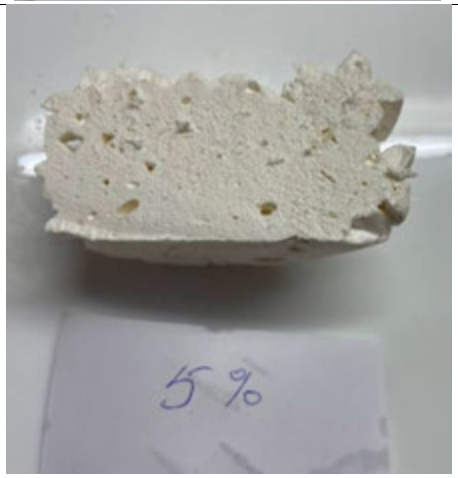
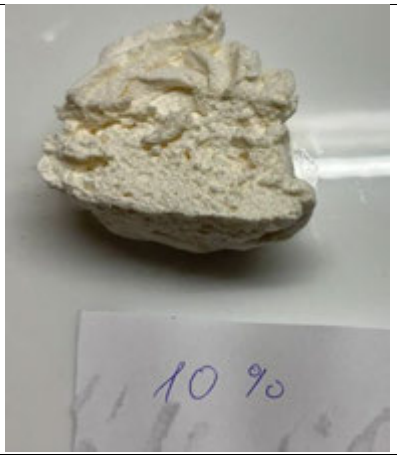
2. Зважування сировини, підготовка сумішей для приготування напівфабрикатів.

3. Приготвання напівфабрикатів: збивання білка із цукром, уварювання цукрово-агаро-патокового сиропу. Уварювання цукрово-агаро-патокового сиопу відбувається у декілька стадій, набухання агару із водою, приведення до кипіння агару, додавання суміші цукру та патоки, уварювання до необхідного вмісту сухих речовин (кореляція через температуру), за потреби уварювання також пюре до потрібної масової частки сухих речовин.

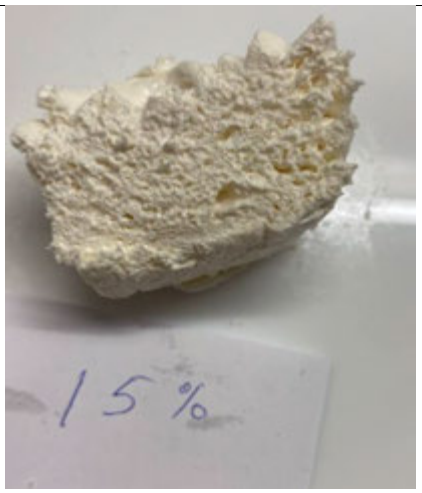


Таблиця 3.4

Влив заміни частини цукру полідекстрозою на якість зефіру

Параметри експерименту/ результати			Зображення готового виробу	Зображення у розрізі
Найменування зразка	Контроль			
	Дозування полідекстрози замість сахози у %	5		
		10		

Продовження таблиці 3.4

15		
20		
25		

30		

У ході досліджень було встановлено, що дозування полідекстрози чинить істотний вплив на процес уварювання клейового сиропу, а також на формування структурно-механічних властивостей кінцевого виробу. Зокрема, при заміні цукру на полідекстрозу і збереженні стандартної температури уварювання сиропу на рівні 108 °C, як і в контрольному зразку з сахарозою, спостерігалося збереження підвищеної вологості серединки та зниження формостійкості виробу. Такі відхилення посилювались зі збільшенням відсотка заміни цукру.

Для забезпечення необхідної якості напівфабрикату й готового зефіру, було визначено доцільність підвищення температури уварювання сиропу з полідекстрозою до 112–114 °C. Це дозволяє компенсувати підвищену вологість маси й стабілізувати її текстуру. Однак водночас було виявлено негативний ефект – посилення адгезивних властивостей сиропу з полідекстрозою, що створює ризик пригорання в процесі термічної обробки. У зв’язку з цим доцільно застосовувати варильне обладнання зі спеціальним антипригарним покриттям (наприклад, тефлоновим), мішалками відповідної конструкції, а також використовувати потокові теплообмінники з рівномірним підігрівом.

Для подальших досліджень було обрано рецептурний варіант з 20% заміною цукру на полідекстрозу. Саме така пропорція дозволила істотно знизити калорійність виробу та зменшити глікемічне навантаження без критичних втрат органолептичних властивостей. За результатами сенсорної оцінки дегустаційною групою було відзначено, що зразки з 20% заміною відрізняються менш вираженою солодкістю, натомість набувають більш

гармонійного фруктового смаку та аромату, що обумовлено впливом доданої овочево-фруктової сировини. У разі коригування температурного режиму уварювання вироби не мали істотних відмінностей у структурі, порівняно з контрольним зразком, виготовленим за традиційною рецептурою з використанням лише сахарози.

З метою поглибленого аналізу змін у структурно-механічних властивостях зефірної маси, спричинених заміною частини цукру на полідекстрозу, було проведено вимірювання густини збитої маси на різних етапах збивання після додавання клейового сиропу. Для цього використовували мірний циліндр об’ємом 50 см³, маса якого становила 102 г. Починаючи з п’ятої хвилини збивання, у визначені інтервали проводилось зважування збитої маси з двох зразків: один із використанням лише сахарози, інший — із 20% заміною її на полідекстрозу. Отримані маси вносились у формулу для обчислення густини маси у г/см³. Результати цих вимірювань наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Зміна густини зефірної маси під час її збивання в залежності від дозування цукру і полідекстрози

Тривалість збивання, хв	Маса збитого зразка, г		Густина збитого зразка, кг/м^3	
	Контроль	20% полідекстрози	Контроль	20% полідекстрози
6	35	36	700	720
6,5	34	35	680	700
7	29,5	32,5	590	650
7,5	25,5	29	510	580
8	21	25	420	500
8,5	22	22	440	440
9	23	21	460	420
9,5	23,5	21,5	470	430
10	23,5	21,5	470	450

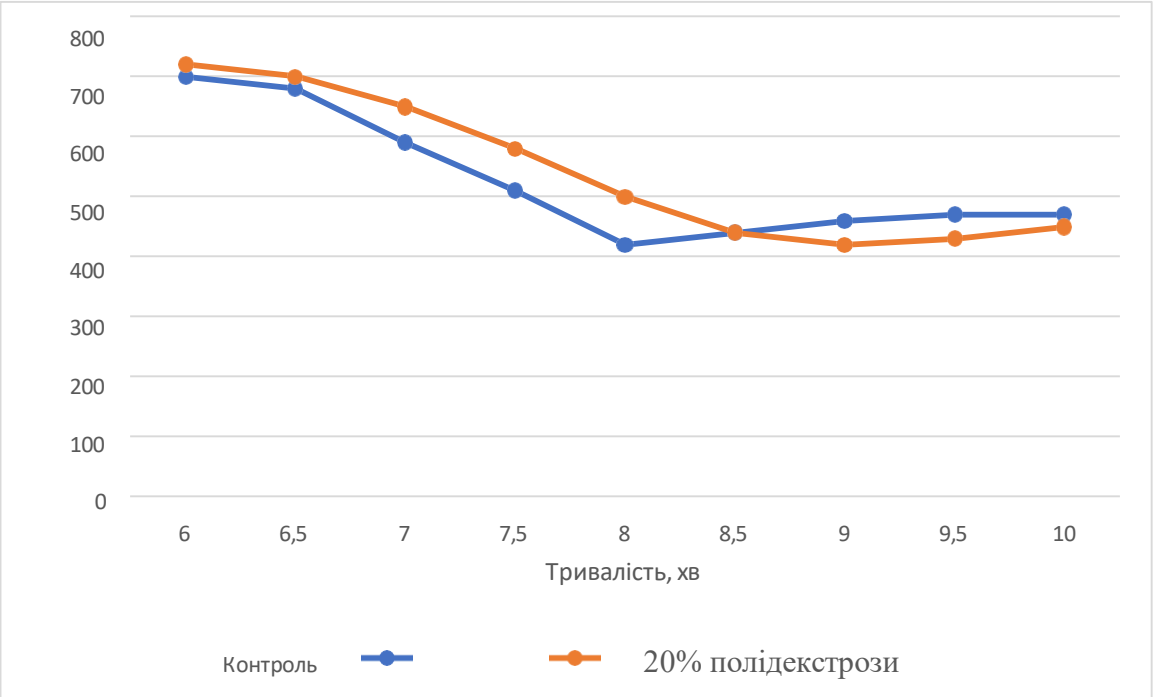


Рисунок 3.4 - Вплив тривалості збивання на густину зефірної маси

Під час виробництва збивних кондитерських мас одним з основних показників, що характеризують якість, є густина. Цей показник зменшується в процесі аерації, коли у дисперсійне середовище — цукрово-білкову основу — інтенсивно вводиться повітря, формуючи пінну структуру з бульбашками газу різного розміру. У процесі збивання відбувається подрібнення великих бульбашок до більш дрібних і рівномірно розподілених, що сприяє формуванню однорідної структури. Подальше стабілізування суцільної фази відбувається в результаті поверхневої денатурації білка, який формує пружний каркас, надаючи масі фізико-хімічних властивостей, характерних для твердих тіл. Присутність драглеутворювача у складі маси сприяє фіксації сформованої структури та забезпечує необхідну механічну міцність.

Під час вивчення впливу тривалості збивання на густину зефірної маси за сталої температури та інтенсивності процесу було встановлено, що найменше значення густини для зразка на сахарозі досягається на 8-й хвилині збивання. Для зразка з частковою заміною цукру полідекстрозою цей мінімум фіксувався на 9-й хвилині. Такі результати повністю узгоджуються з попередніми даними щодо піноутворювальної здатності яєчного білка у присутності різних

вуглеводів. Після досягнення мінімального значення густини в обох зразках спостерігалося незначне її підвищення. Імовірною причиною цього явища є поверхнева денатурація білка внаслідок абсорбції поверхневої енергії — процес, аналогічний до теплової денатурації, який носить необоротний характер.

На 10-й хвилині збивання густина зефірної маси в контрольному зразку становила 470 кг/м³, що на 4% перевищувало аналогічний показник для зразка з 20% заміною цукру полідекстрозою (450 кг/м³). Це свідчить про нижчу щільність збитої маси з полідекстрозою, що є позитивним показником у контексті легкості та повітряності готового продукту.

Оцінка розтікання половинок зефіру не проводилась, оскільки під час формування при температурі 60 °C жодних ознак розтікання зафіксовано не було. Вистоювання половинок тривало шість годин. Проте вже після перших 30–40 хвилин спостерігалося утворення сухої цукрової скоринки на поверхні зразків з полідекстрозою, що свідчить про прискорене висихання верхнього шару.

Водночас внутрішні шари цих виробів мали вищу вологість порівняно з контрольними зразками. Така поведінка може пояснюватися утворенням на поверхні маси полімерної плівки, яка уповільнює міграцію вологи з глибших шарів до зовнішніх. У контрольних зразках на основі сахарози волога розподілялась більш рівномірно.

РОЗДІЛ 4. ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

4.1. Дослідження можливості розширення асортименту зефіру за рахунок заміни яблучного пюре гарбуза та маракуї з додаванням прянощів

У межах розробки нових рецептур функціонального зефіру було створено оригінальний варіант продукту під назвою «Тропічний глінтвейн». Рецептурна композиція базується на поєднанні яблучного пюре з пюре гарбуза та маракуї. На першому етапі досліджень було виготовлено напівфабрикат — композицію з пюре гарбуза, маракуї та яблука. Підготовлений очищений гарбуз подрібнювали на шматочки, після чого додавали пюре маракуї, і суміш уварювали до необхідної консистенції та вмісту сухих речовин.

З метою надання продукту виразних смакових та ароматичних характеристик було вирішено включити до складу композиції прянощі — бадьян, кардамон і корицю. У процесі уварювання смакові компоненти прянощів екстрагувалися у фруктово-овочеву масу, після чого самі прянощі видалялися. До готової композиції було додано яблучне пюре — задля балансу пектиновмісної сировини, що є важливим структуроутворювальним елементом у рецептурі зефіру. Робоча рецептура зразків зефіру подана в таблиці 4.1.

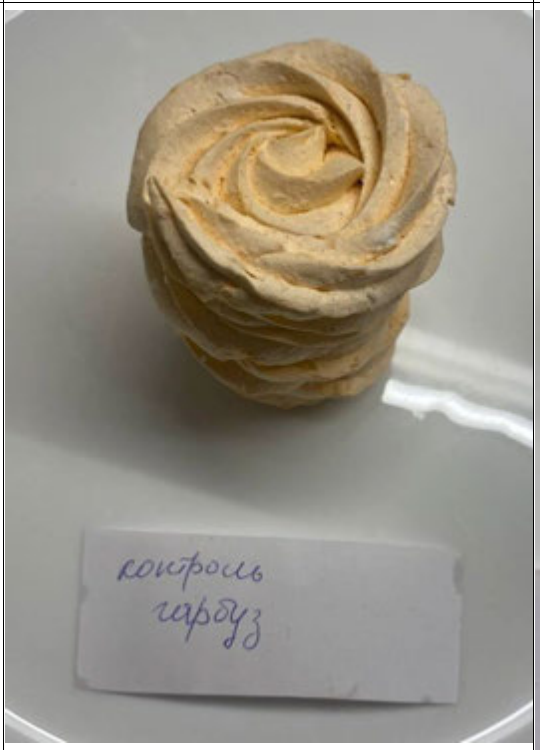
Таблиця 4.1

Рецептура зразків зефіру

Назва інгредієнта	Кількість сировини, кг	
	Контроль із сахарозою	Розроблений зразок із 20% дозуванням полідекстрози замість цукру
Яєчний білок	60,0	60,0
Цукор білий кристалічний	240,0	192,0
Н/ф пряне овочево-фруктове пюре	150,0	150,0
Полідекстроза	–	48,0
Агар	8,0	8,0
Патока	75,0	75,0
Кислота лимонна	2,0	2,0

Таблиця 4.2

Результати виготовлення зефіру зі зниженою калорійністю та підвищеною захарчовою цінністю

Вид зображення	**Контроль із сахарозою**	**Розроблений зразок із 20% дозуванням полідекстрози замість цукру**
Зовнішній вигляд		
Вигляд у розрізі		

Висновок	Зразки мали приємний аромат, смак та запах. Добре тримали форму. При цьому пористість розробленого зразка була дещо меншою, менш розвиненою, пори менші у порівнянні із контрольним зразком. Серединка розробленого зразка більш волога, але при цьому зовнішня скоринка більш виражена, але мала кристалічну приємну структуру.

4.2. Оцінка органолептичних показників якості розробленого низькокалорійного зефіру із поліпшеною органолептикою

Для грунтовної оцінки якості готових виробів користуються комплексним показником якості КПЯ, що дає можливість оцінити не тільки фізико-хімічні, а й органолептичні та за необхідності харчову цінність виробів.

КПЯ готових виробів обчислюється з урахуванням окремих диференціальних показників якості та з урахуванням коефіцієнтів вагомості кожного з них. Для найповнішого врахування диференціальних показників, необхідно обрати показники якості та скласти ієрархічне дерево властивостей виробу. Для зефіру воно матиме такий вигляд:

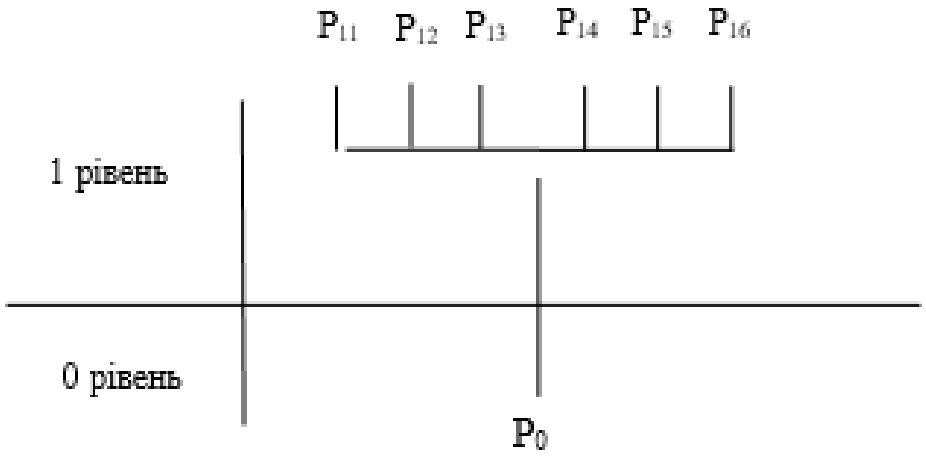


Рис. 4.1. Ієрархічне дерево органолептичних показників якості зефіру

Органолептичні показники P_1 включають в себе: смак P_{11}, запах P_{12}, колір P_{13}, консистенція та структура P_{14}, форма P_{15}, поверхня P_{16}.

Для оцінки відносних органолептичних показників виробів була розроблена бальна шкала, яка дозволяє виразити показники у вигляді відносних величин. Їх пропонуємо оцінювати за п'ятибальною шкалою. За базове їх значення приймаємо показники свіжовиготовленого зефіру з оцінкою 5 балів. Значення

коефіцієнта вагомості для кожного показника Мі для органолептичних показників зефіру визначали методом експертного опитування Делфі.

Балова шкала органолептичних показників зефіру

Таблиця 4.3

Показники якості	Коефіцієнт вагомості	Якісні рівні, бали				
		5	**4**	**3**	**2**	**1**
1	2	3	4	5	6	7
Смак	0,3	Приємний, плодовий, властивий даній групі пастильних виробів, солодко-кислуватий, без стороннього присмаку	Плодовий, властивий даній групі пастильних виробів, солодкий, з вираженим присмаком добавок	Плодовий, занадто солодкий, із невластивим присмаком	Неприємний, із стороннім присмаком	Гіркий, кислий, занадто солодкий, із різким стороннім присмаком
Запах	0,2	Чистий, приємний, властивий використаній сировині, без сторонніх запахів есенцій або добавок	Властивий, приємний, можливий легкий аромат використовуваних есенцій або добавок	Властивий, із чітко вираженим запахом есенцій або доданих добавок	Невластивий, із чітко вираженим запахом есенцій або добавок	Різкий, неприємний запах есенцій або добавок
Колір	0,1	Однорідний, рівномірний, білий, без сторонніх включень	Злегка неоднорідний, нерівномірний, світло-бежевий, без сторонніх включень	Неоднорідний, нетиповий, бежевий із сторонніми включеннями	Неоднорідний, нетиповий, з жовтим відтінком, із сторонніми включеннями	Неоднорідний, нетиповий, із сіруватим відтінком, із сторонніми включеннями
Консистенція та структура	0,2	Однорідна, м'яка, дрібнопориста, не липка на дотик, легко розламується	Однорідна, злегка пластична, дрібнопориста, розламується	Нееластична, пористість нерівномірна, наявні поодинокі невеликі пори,	М'яка, крихка, неоднорідна пористість, наявні великі пори, із поодинокими	Рихла, занадто слабка, із наявними кристалами цукру та вкрапленнями сиропу, пористість

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6	7
				затяжна	вкрапленням сиропу та кристалами цукру, виріб вологий всередині	нерозвинена, майже відсутня, виріб липкий на дотик та мокрий всередині
Поверхня	0,1	Злегка шорохувата або гладка, без деформацій та пошкоджень, відсутнє або незначне затвердіння на гранях	Шорохувата, із незначними нерівностями та легким затвердінням на гранях	Шорохувата, злегка зморшкувата, наявні затвердіння на бокових гранях	Нерівномірна, зморшкувата, наявні грубі затвердіння по бокових гранях	Нерівна, деформована, із грубим затвердінням по всій поверхні
Форма	0,1	Кругла, правильна, не розпливчата контури малюнка чіткі	Кругла, злегка деформований контур, легкі притиски, малюнок	Овальна, деформована, з ледве помітним малюнком	Овальна, неправильна, деформована, без малюнку	Виріб неформостійкий

Таблиця 4.4

Значення М та $Р^{баз}$ для зефіру «Тропічнй глінтвейн»

Показники	Значення	
	Мі	**$Р_{баз}$**
Органолептичні $Р_1$	***1,0***	**–**
Смак $Р_{11}$	0,3	5
Запах $Р_{12}$	0,2	5
Колір $Р_{13}$	0,1	5
Структура та консистенція $Р_{14}$	0,2	5
Поверхня $Р_{15}$	0,1	5
Форма $Р_{16}$	0,1	5

Була проведена органолептична оцінка якості досліджуваних зразків зефіру, результати якої наведені в табл.4.5

Таблиця 4.5

№ експерта	Коефіцієнти вагомості $М_і$ показників властивостей					
	$Р_{11}$	$Р_{12}$	$Р_{13}$	$Р_{14}$	$Р_{15}$	$Р_{16}$
1	5	5	4	5	5	4
2	4	5	5	5	5	5
3	5	5	5	5	5	5
4	5	4	4	4	5	4
5	4	5	4	5	5	5
Середнє значення	4,6	4,8	4,4	4,8	5,0	4,6

4.3. Дослідження показників якості готових виробів

Щільність готового зефіру

Відповідно до вимог чинного стандарту **ДСТУ 6441:2003 «Пастильні вироби. Загальні технічні умови»**, щільність є одним із ключових фізико-хімічних показників, що визначають якість готового зефіру. Цей параметр прямо впливає на споживчі властивості виробу, зокрема на його текстуру, легкість та формостійкість. Згідно з нормативними вимогами, щільність готового зефіру не повинна перевищувати **0,7 г/см³**.

У межах проведених досліджень були визначені фактичні значення цього показника для експериментальних зразків, виготовлених за традиційною рецептурою та за варіантом із частковою заміною сахарози полідекстрозою. Аналіз отриманих результатів дозволяє оцінити відповідність розробленого виробу вимогам стандарту та встановити доцільність запропонованих рецептурних і технологічних рішень. Отримані експериментальні дані щодо щільності готових виробів наведено у таблиці 4.6

Таблиця 4.6

Визначення показника щільності розроблених зразків зефіру

Показник	**Зефір «Яблучний»**		**Зефір «Тропічний глінтвейн»**	
	Зразок №1	**Зразок №2**	**Зразок №1**	**Зразок №2**
Маса зефіру m, г	26,0	26,0	25,0	25,0
Об’єм зефіру V, $см^3$	47,0	48,0	49,0	48,0
Щільність зефіру ρ, $г/см^3$	0,55	0,54	0,51	0,52
	ρ середнє = 0,55		ρ середнє = 0,52	

Наступним важливим показникомдля здійснення оптимального технологічного процесу є усихання. Цей показник був досліджений для зефіру «Яблучного» та «Тропічний глінтвейн» після 7 годин вистоювання. Результати занесені до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7

Усихання зефіру

Час вистоювання	**Зефір «Яблучний»**	**Зефір «Тропічний глінтвейн»**
Початок вистоювання 0 годин	27,0	25,0
Кінець вистоювання 7 годин	21,0	20,0
Усихання, %	22,0 %	20,0 %

Зберігання харчових продуктів тісно пов’язане з численними фізико-хімічними та біохімічними процесами, які безпосередньо впливають на їх стабільність та споживчі характеристики. Одним з ключових чинників, що визначає тривалість збереження якісних характеристик виробу, є тип пакувального матеріалу. У зв’язку з цим було проведено дослідження впливу способу пакування на якість зефіру під час зберігання протягом 28 діб.

Дослідження охоплювало два варіанти зберігання — у відкритому вигляді та герметично запакованому стані (у харчовому контейнері). Оцінка здійснювалася за показником зміни маси та органолептичними характеристиками у різні дні зберігання. Результати наведено в **таблиці 4.8** і проілюстровано на **рисунку 4**.1

Таблиця 4.8

День зберігання	Зефір «Яблучний»		Зефір «Тропічний глінтвейн»	
	Запакований	Відкритий	Запакований	Відкритий
1	21	21	20	20
7	21	20	20	20
14	21	20	20	19
21	21	19	20	19
28	21	18	20	18

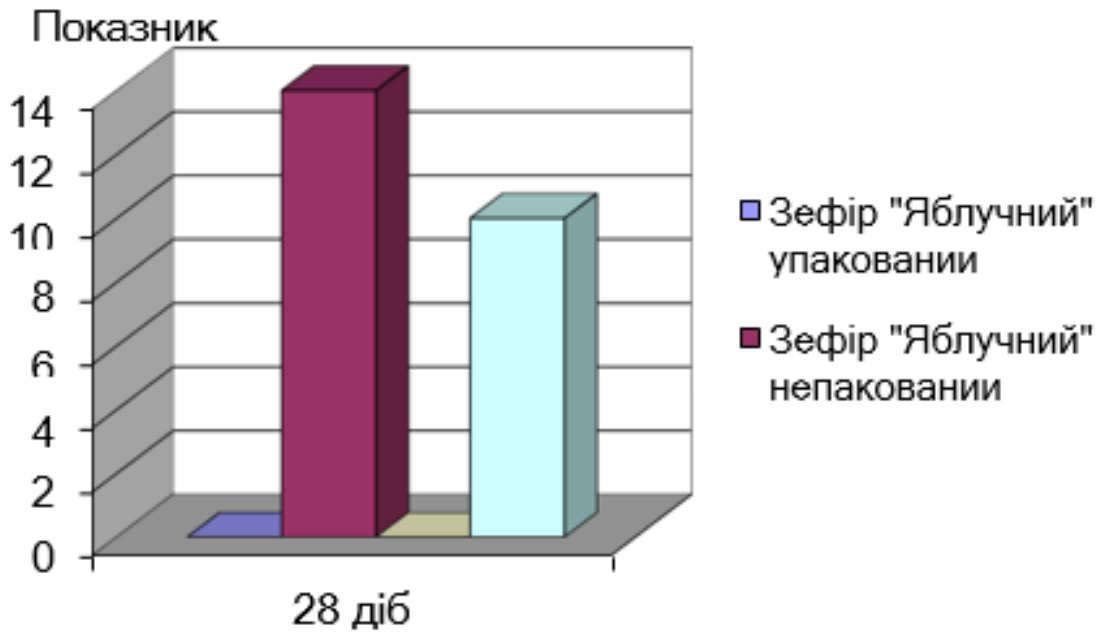


Рис. 4.1. Значення показника усихання зразків зефіру під час зберігання 28 діб

Як показує динаміка, зразки, що зберігалися в герметичному пакуванні, зберегли свою початкову масу, а також залишались м'якими, пружними та стабільними за органолептичними показниками упродовж усього терміну дослідження. Натомість зефір, який зберігався відкритим, зазнав усихання: утворилась щільна цукрова скоринка, текстура стала тягучою, схожою на гуму, що негативно вплинуло на споживчі властивості.

Показник усихання становив близько **14%** для контрольного зразка зефіру «Яблучний» і **10%** — для зразка з частковою заміною цукру полідекстрозою та використанням пюре гарбуза і маракуї. Це свідчить про здатність функціонального зразка краще утримувати вологу, що може бути зумовлено специфічними властивостями полідекстрози та натуральної пектиновмісної сировини.

Отримані результати доцільно враховувати при визначенні оптимальних умов пакування і термінів зберігання функціонального зефіру, а також під час розрахунку економічної ефективності його впровадження у виробничий процес. На основі узагальнених результатів досліджень було розроблено **робочу рецептуру та технологічну інструкцію** для виробництва зефіру «Тропічний глінтвейн».

ВИСНОВКИ

1. У ході роботи було обґрунтовано доцільність часткової заміни сахарози на полідекстрозу у виробництві зефіру на агарі. Такий підхід дозволив підвищити харчову цінність продукту завдяки додаванню нетрадиційної овочевої сировини (гарбуз, маракуйя) без погіршення органолептичних властивостей.
2. У процесі досліджень визначено оптимальне співвідношення рецептурних компонентів. Часткова заміна сахарози на полідекстрозу в розробленому зразку зефіру становила 20%, що забезпечує необхідний рівень солодкості та текстурні характеристики продукту.
3. Експериментальним шляхом встановлено ключові технологічні параметри процесу виготовлення зефіру, що забезпечують стабільність пінної структури та високу якість готового виробу.
4. Визначено оптимальні температурні режими для окремих операцій: температура уварювання клейового сиропу має становити 112–114 °С, а температура, за якої доцільно здійснювати формування половинок зефіру, — 60 °С.
5. Проведена органолептична оцінка методом експертного опитування (метод Делфі) та розрахунок комплексного показника якості підтвердили високу якість зразка: К = 0,94, що відповідає категорії «відмінно».
6. Встановлено показники якості напівфабрикатів і готових виробів, зокрема органолептичні характеристики та щільність. Отримані результати підтвердили відповідність зразків чинній нормативно-технічній документації. Показник усихання склав: 22,0% для зефіру «Яблучний» та 20,0% для зефіру «Тропічний глінтвейн».
7. За результатами дослідження впливу способу пакування на збереження якості встановлено, що герметичне пакування забезпечує стабільність маси та органолептичних властивостей зефіру протягом 28 діб зберігання. Упаковані зразки зберегли м’якість і пружність, тоді як відкриті втратили масу та набули щільної текстури.

8. Розрахована енергетична цінність функціонального зразка зефіру становить 297 ккал, що на 19% менше порівняно з класичною рецептурою, що свідчить про ефективність заміни цукру низькокалорійним інгредієнтом.
9. Розроблено рецептурний склад та технологічну інструкцію на зефір зі зниженою калорійністю та підвищеною харчовою цінністю, що відповідає сучасним вимогам до продуктів функціонального харчування.
10. Складено параметричну схему та операторну модель виробництва зефіру, що можуть бути використані при масштабуванні технології для впровадження у виробничих умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bochko, O. Y., Balyk, U. O., & Karpii, O. P. (n.d.). Doslidzhennia rynku kondyterskykh vyrobiv: Vplyv pandemii ta viiny. Retrieved from https://pnu.edu.ua

2. Savchuk, I. (n.d.). Analiz diialnosti holovnykh hravtsiv na rynku kondyterskykh vyrobiv. National University of Food Technologies. Retrieved from http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/22643/1/26.pdf

3. Nerpan, M. (n.d.). Tendentsii ukrainskoho kondyterskoho rynku. Retrieved from https://pk.harchovyk.com/ukrayinskyj-kondyterskyj-rynok-zahopyly-try-monopolisty

4. Dziundzia, O. V., & Yaroshenko, N. Y. (2013). Kondyterski vyroby funktsionalnoho pryznachennia z vykorystanniam poroshkiv khurmy. Visnyk Chernivetskoho torhovelno-ekonomichnoho instytutu, (2), 358–362.

5. Jones, P. J., & Jew, S. (2007). Functional food development: Concept to reality. Trends in Food Science & Technology, 18, 387–390.

6. Dyman, T. M., Baranovskyi, M. M., Kiva, M. S., Mazur, T. H., & Zahorui, L. P. (2005). Kharchuvannia liudyny. Bila Tserkva.

7. Plakhotin, V. Y., Pasichnyi, V. M., & Kovalenko, A. M. (2012). Perspektyvy vykorystannia harbuza u kharchovii promyslovosti. In Zb. nauk. prats (Vol. 2, p. 79). Odesa: ONAKhT.

8. Onofriichuk, O. S., Hrytsaiova, A. O., & Kokhan, O. O. (2020). Polidekstroza – perspektyvnyi inhridient v tekhnolohii tsukerok. In Proceedings of the IX International Scientific and Practical Internet Conference (p. 134). Praha: Oktan Print s.r.o.

9. Hartel, R. W., von Elbe, J. H., & Hofberger, R. (2018). Confectionery science and technology. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61742-8

10. König, L. M., & Renner, B. (2019). Boosting healthy food choices by meal colour variety: Results from two experiments and a just-in-time Ecological Momentary Intervention. BMC Public Health, 19(1). https://doi.org/10.1186/s12889-019-7306-z

11. Misra, N. N., Koubaa, M., Roohinejad, S., Juliano, P., Alpas, H., & Inácio, R. S. et al. (2017). Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies. Food Research International, 97, 318–339. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.001

12. Dorokhovych, A. M., & Stolyar, I. M. (2018). Zefir diietychno-funktsionalnoho pryznachennia [Diet-functional zephyr] (UA Patent No. 125864). National University of Food Technologies.

13. Chumak, I. Ya. (1998). Kompozytsiini strukturoobrazovateli na osnovi hidrobyontiv v tekhnolohii formovanykh produktov [Compositional structure-formers based on hydrobiota in molded product technology]. Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya, (2-3), 33–35.

14. Hnitsevych, V. A. (2010). Naukove obhruntuvannia tekhnolohii kulinarnoi produktsii z pinnoiu y emulsiinoiu strukturoiu z vykorystanniam amarantu ta topinamburu [Scientific substantiation of culinary product technologies with foamy and emulsion structure using amaranth and Jerusalem artichoke] (Doctoral dissertation). Kyiv National University of Trade and Economics.

15. Ptichkina, N. M., Markina, O. A., & Rumyantseva, H. N. (2008). Ekstraktsiia pektunu z harbuza za dopomohoiu mikrobnukh fermentiv [Extraction of pectin from pumpkin using microbial enzymes]. Kharchovi hidrokoloidy, (22), 192–195.

16. Maldonado-Valderrama, J., & Rodríguez Patino, J. M. (2010). Interfacial rheology of protein-surfactant mixtures. Advances in Colloid and Interface Science, 15, 271–282.

17. Syrokhman, I. V., & Lozova, T. M. (2008). Tovaroznavstvo tsukru, medu, kondyterskykh vyrobiv [Merchandising of sugar, honey, and confectionery] (2nd ed.). Kyiv: TsUL.

18. Yurchenko, D. Yu., & Koretska, I. L. (2019). Shliakhy pidvyshchennia biolohichnoi tsinnosti zefiru [Ways to increase the biological value of zephyr]. In Innovatsii ta zakonomirnosti rozvytku kharchovykh tekhnolohii (p. 86). Kyiv: KKIBP.

19. Podoinik, Yu. V., & Heredchuk, A. M. (2022). Pidvyshchennia pozhyvnoi tsinnosti zefiru [Increasing the nutritional value of zephyr]. In Aktualni pytannia rozvytku nauky ta zabezpechennia yakosti osvity u XXI stolitti (Vol. 2, pp. 268–270). Poltava: PUET.

20. Muizhnitse-Brasava, S., Dukalska, L., Kampuse, S., Murniece, I., Sabovics, M., Dabina-Bicka, I., et al. (2011). Vplyv aktyvnoi upakovky na polytsiu zhyttia marmeladnykh tsukerok "Yabluko-chorna smorodyna" [Effect of active packaging on the shelf life of apple-blackcurrant jelly candies]. World Academy of Science, Engineering and Technology, 56, 457–465.

21. Donchenko, L. V. (2000). Tekhnolohiia zefira [Technology of zephyr]. Moscow: DeLi.

22. Tomlinson, R. (2005). China fights fall in IQ due to iodine deficiency. BMJ, 21, 148.

23. Vir, S. C. (2002). Current status of iodine deficiency disorders (IDD) and strategy for its control in India. Indian Journal of Pediatrics, 69(7), 589–596.

24. Lobosova, L. A. (2007). Rozrobka tekhnolohii zefiru funktsionalnoho pryznachennia na osnovi fruktozy [Development of functional zephyr technology based on fructose] (Author’s abstract). Voronezh: Voronezh State Technological Academy.

25. Su, K., Festring, D., Ayed, C., Yang, Q., Sturrock, C. J., Linforth, R., et al. (2021). Reducing sugar and aroma in a confectionery gel without compromising flavour through addition of air inclusions. *Food Chemistry, 354*, 129579. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129579

26. Silva, L. B. da, Queiroz, M. B., Fadini, A. L., Fonseca, R. C. C. da, Germer, S. P. M., & Efraim, P. (2016). Chewy candy as a model system to study the influence of polyols and fruit pulp (açai) on texture and sensorial properties. *LWT - Food Science and Technology, 65*, 268–274. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.006

27. Hubbermann, E. M. (2016). Coloring of low-moisture and gelatinized food products. In *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages* (pp. 179–196). https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100371-8.00008-7

28. Miranda, J. S., Costa, B. V., de Oliveira, I. V., de Lima, D. C. N., Martins, E. M. F., de Castro Leite Júnior, B. R., et al. (2020). Probiotic jelly candies enriched with native Atlantic Forest fruits and *Bacillus coagulans* GBI-30 6086. *LWT, 126*, 109275. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109275

29. Çoban, B., Bilgin, B., Yurt, B., Kopuk, B., Atik, D. S., & Palabiyik, I. (2021). Utilization of the barberry extract in the confectionery products. *LWT, 145*, 111362. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111362

30. Klinjapo, R., & Krasaekoopt, W. (2018). Microencapsulation of color and flavor in confectionery products. In *Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes* (pp. 457–494). https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811518-3.00014-4

31. Chriqui, J. F., Lin, W., Leider, J., Shang, C., & Perna, F. M. (2020). The harmonizing effect of Smart Snacks on the association between state snack laws and high school students' fruit and vegetable consumption, United States – 2005–2017. *Preventive Medicine, 139*, 106093. https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2020.106093

32. Bucher, T., van der Horst, K., & Siegrist, M. (2013). Fruit for dessert. How people compose healthier meals. *Appetite, 60*, 74–80. https://doi.org/10.1016/j.appet.2012.10.003

33. Subramaniam, P. (2016). The stability and shelf life of confectionery products. In *The Stability and Shelf Life of Food* (pp. 545–573). https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100435-7.00019-8

34. Mariz de Avelar, M. H., de Castilho Queiroz, G., & Efraim, P. (2020). Sustainable performance of cold-set gelation in the confectionery manufacturing and its effects on perception of sensory quality of jelly candies. Cleaner Engineering and Technology, 1, 100005. https://doi.org/10.1016/j.clet.2020.100005

35. Belova, I. A., Rudenko, O. S., Kondratiev, N. B., Osipov, M. V., & Lavrukhin, M. A. (2021). Zephyr: original Russian confectionery product. PREPRINTS.RU. https://doi.org/10.24108/preprints-3112174

36. Губа, Н. І. (1984). Овочі і фрукти на вашому столі. Київ: Урожай.

37. Вахрушева, А. О., & Хомич, Г. П. (н.д.). Розробка технології топінгів з використанням гарбуза та хеномелесу. Актуальні питання розвитку економіки, харчових технологій та товарознавства, 229.

38. Николайчук, Ю. В., Польовик, В. В., & Корецька, І. Л. (2017). Гарбузове пюре як перспективний поліпшувач збивних десертів. У Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 83 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів (Ч. 3, с. 404). Київ: НУХТ.

39. Плахотін, В. Я., Пасічний, В. М., & Коваленко, А. М. (2012). Перспективи використання гарбуза у харчовій промисловості. Проблеми формування здорового способу життя у молоді, 2, 79.

40. Zibadi, S., & Watson, R. R. (2004). Passion fruit (Passiflora edulis). Evidence-Based Integrative Medicine, 1(3), 183–187.

41. World Health Organization. (2016). Global report on diabetes. http://www.who.int/diabetes/global-report/en/

42. International Diabetes Federation. (2015). IDF diabetes atlas (7th ed.). http://www.diabetesatlas.org/

43. Дорохович, В. В. (2017). Розроблення кондитерських виробів зниженої калорійності – актуальне завдання кондитерської галузі.

44. Hooda, S., Boler, B. M. V., Serao, M. C. R., Brulc, J. M., Staeger, M. A., Boileau, T. W., Dowd, S. E., Fahey, G. C., Jr., & Swanson, K. S. (2012). 454 pyrosequencing reveals a shift in fecal microbiota of healthy adult men consuming polydextrose or soluble corn fiber. Journal of Nutrition, 142(7), 1259–1265.

45. Yoshioka, M., Shimomura, Y., & Suzuki, M. (1994). Dietary polydextrose affects the large intestine in rats. *Journal of Nutrition, 124*, 539–547.

46. Besten, G., Van Eunen, K., Groen, A. K., Venema, K., Reijngoud, D. J., & Bakker, B. M. (2013). The role of short-chain fatty acids in the interplay between diet, gut microbiota, and host energy metabolism. *Journal of Lipid Research, 54*, 2325–2340.

47. Tiihonen, K. K., Roÿotiö, H., Putaala, H., & Ouwehand, A. C. (2011). Polydextrose: Functional fibre improving digestive health, satiety and beyond. *Nutrafoods, 10*, 23–28.

48. Auerbach, M. H., Craig, S. A. S., Howlett, J. F., & Hayes, K. C. (2007). Caloric availability of polydextrose. *Nutrition Reviews, 65*, 544–549.

49. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. (1987). *Evaluation of certain food additives and contaminants: Thirty-first report*. WHO Technical Report Series, 759. Geneva: World Health Organization. http://www.apps.who.int/iris/bitstream/10665/42849/1/WHO_TRS_922.pdf

50. Craig, S. A. S., Holden, J. F., Troup, J. P., Auerbach, M., & Frier, H. I. (1999). Polydextrose as soluble fiber and complex carbohydrate. In *Complex Carbohydrate Foods* (Vol. 18).

51. Santos, E. F., Tsuboi, K. H., Araújo, M. R., Falconi, M. A., Ouwehand, A. C., Andreollo, N. A., & Miyasaka, C. K. (2010). Ingestion of polydextrose increases the iron absorption in rats submitted to partial gastrectomy. *Acta Cirúrgica Brasileira, 25*, 518–524.

52. Zhong, J., Luo, B., Xiang, M., Liu, H., Zhai, Z., Wang, T., & Craig, S. A. S. (2000). Studies on the effects of polydextrose intake on physiologic functions in Chinese people. *American Journal of Clinical Nutrition, 72, 1503–1509.