

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Навчально-науковий інститут
«Український державний хіміко-технологічний університет»
(назва навчально-наукового інституту)

Харчових та хімічних технологій
(повна назва факультету)

Технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

бакалавр

(освітній рівень)

на тему: Дослідження впливу харчових волокон на якість та властивості
веганської шоколадної маси

Виконала: студент 4 курсу, групи ТЖ-7
спеціальності 181 Харчові технології
(код і назва спеціальності)

Єлизавета ЧЕЛАК

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Керівник Марія ЗЕМЕЛЬКО

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Рецензент

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Дніпро – 2026 року

Державний вищий навчальний заклад
Український державний університет науки і технологій
ННІ Український державний хіміко-технологічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет, відділення: Харчових та хімічних технологій

Кафедра: технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Спеціальність: 181 Харчові технології

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТПЖ та ХП

(підпис) **Олег ЧЕРВАКОВ**
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Єлизаветі ЧЕЛАК

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Тема роботи: Дослідження впливу харчових волокон на якість та властивості веганської шоколадної маси

керівник роботи Марія ЗЕМЕЛЬКО

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

затверджені наказом вищого навчального закладу від " 02" березня 2026 року
№77-к

2. Строк подання студентом роботи 10.06.2026р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): _____ дані діючих підприємств,
літературні дані

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Згідно методичних вказівок

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) відсутні _____

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Марія ЗЕМЕЛЬКО		

7. Дата видачі завдання 19.02.2026 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів курсового проекту роботи	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Опрацювання науково-технічної літератури	21.02.2026	
2	Оформлення першого розділу роботи «Літературний огляд»	04.03.2026	
3	Оформлення другого розділу роботи «Теоретична частина»	06.04.2026	
4	Виконання експериментальної частини	12.04.2026	
5	Оформлення третього розділу роботи «Експериментальна частина»	15.05.2026	
6	Оформлення п'ятого розділу роботи «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	25.05.2026	
7	Оформлення шостого розділу роботи «Організаційно економічна частина»	27.05.2026	
8	Оформлення Висновків та подання роботи на перевірку	03.06.2026	

Студент _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

Єлизавета ЧЕЛІАК

(ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

Марія ЗЕМЕЛЬКО

(ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 92 сторінки, 10 рисунків, 14 таблиць, 0 додатків, 24 літературних джерел.

Об'єкт дослідження – технологія виробництва веганської шоколадної маси з використанням рослинних компонентів та різних типів харчових волокон.

Предмет дослідження – закономірності впливу концентрації та виду харчових волокон на реологічні властивості (в'язкість, текучість), фізико-хімічну стабільність, органолептичні показники та антиоксидантний профіль веганської шоколадної маси.

Мета роботи – наукове обґрунтування та розробка рецептури веганської шоколадної маси підвищеної біологічної цінності шляхом комплексної заміни традиційних інгредієнтів: цукру на стевію та сухого незбираного молока на „альтернативне сухе молоко”. Робота спрямована на експериментальне дослідження впливу комбінації харчових волокон на формування стабільної структури, реологічні властивості та органолептичні показники готового продукту.

Методи дослідження – загальноприйняті органолептичні, фізико-хімічні та реологічні методи аналізу напівфабрикатів і готових виробів; математичне моделювання рецептурних композицій.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в обґрунтуванні нової технології веганської шоколадної маси, де замість сухого молока використовуються „рослинне сухе молоко”, та додаються харчові волокна. Визначено, як саме кількість волокон впливає на густину та правильне застигання шоколадної маси без тваринних інгредієнтів, що дозволяє отримувати продукт із потрібною текстурою. Експериментально доведено, що така рослинна основа допомагає організму краще засвоювати корисні речовини какао (антиоксиданти), оскільки у складі відсутні молочні білки, які зазвичай перешкоджають їхньому всмоктуванню.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці рецептури веганської шоколадної маси, збагаченого рослинним білком та корисними волокнами. Підібрано оптимальні режими обробки (тривалість змішування та умови охолодження), які враховують особливості нових інгредієнтів. Створено якісний продукт, який можна впроваджувати на підприємствах як корисну альтернативу для людей із непереносимістю лактози, веганів та тих, хто дбає про здоровий раціон.

ВЕГАНСЬКА ШОКОЛАДНА МАСА, ХАРЧОВІ ВОЛОКНА, БІОДОСТУПНІСТЬ, РОСЛИННІ КОМПОНЕНТИ, ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ПРОДУКТ, НУТОВИЙ ПОРОШОК, ЯБЛУЧНА КЛІТКОВИНА, КОКОСОВИЙ ПОРОШОК, МИГДАЛЬНИЙ ПОРОШОК, БЕЗЛАКТОЗНИЙ ПРОДУКТ, АЛЬТЕРНАТИВНЕ СУХЕ МОЛОКО, СТЕВІЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	10
1.1 Сучасний стан і тенденції розвитку виробництва шоколадних виробів	10
1.1.1 Тенденції розвитку ринку шоколадної продукції в Україні та світі	11
1.2 Особливості виробництва молочного шоколаду	14
1.2.1 Роль молочних компонентів у шоколаді	14
1.2.2 Веганський молочний шоколад: стан досліджень	15
1.2.3. Користь шоколаду на здоров`я	17
1.3 Харчові волокна як функціональні компоненти	18
2 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	21
2.1 Організація виконання роботи та схема технологічного експерименту	21
2.2 Методики визначення показників якості сировини та готової продукції ...	23
2.2.1 Метод визначення масової частки вологи	25
2.2.2 Метод визначення та розрахунку пероксидного числа	26
2.2.3 Метод визначення та розрахунку кислотного числа жиру	29
2.2.4 Методи дослідження реологічних властивостей	31
2.2.5 Метод органолептичного аналізу	34
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	35
3.1 Якісний аналіз та вхідний контроль сировини	35
3.1.1 Какао-масло	36
3.1.2 Какао терте	37
3.1.3 Соняшниковий лецитин	38
3.1.4 Обґрунтування вибору сухого рослинного молока	40
3.1.5 Обґрунтування вибору харчових волокон	45
3.2 Розробка рецептур та моделювання систем веганської шоколадної маси ..	50
3.2.1 Вплив на реологічні показники та консистенцію	52
3.2.2 Фізико-хімічні властивості	56

3.2.3 Органолептична оцінка	58
3.2.4 Нутрієнтний баланс	61
3.3 Апартурно-технологічна схема виробництва розробленого продукту	65
4 ЗАСОБИ ТА ЗАХОДИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	69
4.1 Вимоги безпеки під час виконання експериментальних досліджень	69
4.2 Вимоги безпеки після закінчення роботи	73
4.3 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	75
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	78
5.1 Розрахунок кошторису витрат на проведення дослідження	78
5.2 Визначення ефективності дослідження	81
ВИСНОВКИ	85
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	88

ВСТУП

Сучасний стан на ринку харчової індустрії характеризується стрімким зростанням попиту на продукти рослинного походження. Це зумовлено не лише етичними переконаннями споживачів, а й глобальним трендом на здоровий спосіб життя, гарне самопочуття та профілактику аліментарно-залежних захворювань. Особливе місце в раціоні людей, що займаються спортом та ведуть активний спосіб життя, посідає шоколад як джерело швидкої енергії та біоактивних сполук.

Сьогодні споживачі шукають продукти, які поєднують звичний смак із додатковою користю. Шоколадна маса є ідеальною базою для таких технологічних рішень. Проте традиційні маси часто мають дефіцит баластних речовин, що знижує їхню біологічну цінність.

Наразі більшість традиційних шоколадних мас мають певні дієтологічні обмеження. Високий вміст тваринних жирів, холестерину та лактози робить їх непридатними для веганського харчування та споживачів із лактазною недостатністю. При цьому просте виключення молочних компонентів призводить до дестабілізації реологічної системи маси, погіршення її в'язкості та текучості.

Актуальність дипломної роботи полягає у науковому обґрунтуванні технологічного вдосконалення шоколадних мас шляхом їх збагачення харчовими волокнами. Такий підхід дозволяє нівелювати технологічні недоліки, що виникають при створенні веганських продуктів, та перетворити стандартну шоколадну масу на функціональний напівфабрикат. Це забезпечує збереження традиційних органолептичних показників при суттєвому покращенні біологічної цінності продукту.

Використання харчових волокон як функціональних інгредієнтів є перспективним рішенням, що дозволяє скоригувати фізико-хімічні параметри маси. У поєднанні з природним потенціалом какао-продуктів —

антиоксидантним захистом епікатехіну, енергетичним впливом теоброміну та психоемоційною підтримкою анандаміду — збагачена волокнами маса стає повноцінною основою для продуктів спортивного та дієтичного харчування. Це відповідає сучасним вимогам до перспективних напівфабрикатів із заданим нутрієнтним балансом.

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Сучасний стан і тенденції розвитку виробництва шоколадних виробів

На сучасному етапі розвитку харчових технологій кондитерська галузь трансформується під впливом глобальних концепцій здорового харчування. Шоколад займає особливе місце в структурі споживання завдяки своїм унікальним органолептичним властивостям та високій біологічній цінності.

Оптимальне та збалансоване харчування, за необхідними мікронутрієнтами, відіграє ключову роль у: підтримці високої працездатності, зміцненні імунних резервів організму, запобіганні широкому спектру захворювань та підвищенні стійкості до несприятливих факторів навколишнього середовища [1].

Дефіцит вітамінів, макро- та мікроелементів, незамінних амінокислот, харчових волокон та поліненасичених жирних кислот в організм призводить до зниження фізичних та когнітивних здібностей людини [2]. І це сприяє посиленню впливу несприятливих факторів навколишнього середовища, накопиченню солей, важких металів в організмі, розвитку стресу, нервово-емоційної напруги та порушення метаболічних реакцій [3].

В останні роки у всьому світі активно розвивається тенденція функціонального харчування, спрямована на покращення загального стану організму, профілактику поширених неінфекційних захворювань та підвищення якості життя населення [4].

Під час розробки нових функціональних харчових продуктів основним критерієм вибору базового інгредієнта для його модифікації та збагачення, а також подальшого застосування у здоровому харчуванні є його широке використання та масове споживання серед різних груп населення [5, 6]. Одним із таких продуктів, безсумнівно, є шоколад, який входить до щоденного раціону багатьох людей і користується високим попитом завдяки своїм смаковим та енергетичним характеристикам [7].

Шоколад – це кондитерський виріб, отриманий шляхом обробки суміші похідних какао (Theobroma cacao L.), молочних компонентів, цукрів або підсолоджувачів та різних харчових добавок, і характеризується як висококалорійний продукт [8]. Хімічний склад какао-бобів відрізняється високим вмістом вуглеводів (31%), білків (11%), жирів (54%), клітковини (16%) та мінералів [9]. Шоколад має стимулюючу дію на метаболічні процеси в організмі завдяки біоактивним компонентам какао, таким як теобромін, кофеїн та поліфеноли [10]. Ці біоактивні компоненти сприяють покращенню настрою, підвищенню продуктивності та стимуляції метаболічної активності.

Однак слід зазначити, що більшість шоколадних виробів, виготовлених за традиційною технологією, містять значну кількість цукру, жиру та штучних ароматизаторів [11]. Надмірне споживання цих компонентів може негативно впливати на організм і, зокрема, сприяти розвитку хронічних захворювань, таких як ожиріння, діабет та серцево-судинні патології.

1.1.1 Тенденцій розвитку ринку шоколадної продукції в Україні та світі

Сучасна кондитерська галузь України є однією з найбільш динамічних складових харчової промисловості, що демонструє високий рівень адаптивності до змін зовнішнього середовища. Аналіз ринку свідчить про глибоку концентрацію виробництва: понад 90% внутрішнього ринку шоколаду контролюється провідними гравцями, серед яких кондитерська корпорація «ROSHEN», компанії «ABK», «Конті», «Nestlé» (ПрАТ «Світоч») та шоколадна фабрика «Millennium» [12].

Український ринок шоколадних виробів пройшов через кілька етапів трансформації. Після складного періоду 2014–2016 рр., пов'язаного з втратою виробничих потужностей на окупованих територіях та зниженням купівельної спроможності, з 2017 року спостерігається позитивна динаміка. Станом на 2021 рік частка шоколадних виробів у загальній структурі кондитерського ринку досягла 28%. Вартісний обсяг ринку оцінюється в межах 2–3 млрд доларів

США, а натуральний обсяг виробництва какаоємисних продуктів демонструє щорічне зростання (наприклад, у 2019–2021 рр. продажі у валютному еквіваленті зросли на 11,2%).

Кондитерська галузь України є стратегічно важливим сектором національної економіки, що традиційно демонструє високий експортний потенціал та здатність до швидкої технологічної адаптації. Проте сучасний етап розвитку індустрії (2022–2026 рр.) характеризується роботою в умовах екстремальних викликів, зумовлених повномасштабним вторгненням.

Україна входить до ТОП-10 країн за загальним споживанням кондитерських виробів. Проте середньорічне споживання шоколаду одним мешканцем України становить близько 2,5 кг, тоді як у Швейцарії чи Великій Британії цей показник у кілька разів вищий.

Розвиток кондитерської промисловості України на сучасному етапі тісно пов'язаний із удосконаленням рецептур шоколадної продукції, який є одним із найбільш динамічних векторів галузі. Потенціал його подальшого зростання зумовлений не лише кількісними показниками, а й можливістю якісного розширення асортименту за рахунок інноваційних веганських продуктів та виробів преміального сегмента з підвищеною біологічною цінністю.

Шоколад та вироби на його основі займають вагоме місце у структурі харчування сучасного населення. Попри те, що Україна входить до першої десятки країн світу за загальним обсягом споживання кондитерських виробів, рівень споживання саме шоколаду залишається відносно низьким порівняно з європейськими показниками.

Така диспропорція, на фоні стабільно високого внутрішнього попиту (майже 75% населення регулярно споживають шоколад), свідчить про наявність значних резервів для розвитку ринку. Особливої актуальності це набуває в контексті створення функціональних шоколадних мас як напівфабрикатів для дієтичного та спортивного харчування. Виокремлення виробництва плиткового шоколаду в самостійний напрям дозволяє впроваджувати технології збагачення шоколадної матриці харчовими волокнами, що відповідає глобальному тренду

на оздоровлення нації та задоволення потреб споживачів, які обирають рослинну їжу.

Зараз більшість традиційних шоколадних виробів мають низьку дієтологічну цінність, зокрема, через високий вміст цукру. Тренд здорового способу життя, характерний для розвинутих країн, стимулює попит на більшу кількість продуктів із покращеним нутрієнтним складом. А саме повна веганізація рецептур через використання сировини виключно рослинного походження.

Сучасний глобальний ринок кондитерських виробів характеризується стрімкою трансформацією споживчих переваг у бік концепції «здорового задоволення», що зумовлює появу нових категорій продукції. Зокрема, у країнах Азійського регіону спостерігається інтенсивна інтеграція принципів нутриціології у виробництво десертів, що призвело до популяризації так званого функціонального шоколаду. Такий продукт перестає бути виключно ласощами і набуває ознак нутрицевтика завдяки збагаченню вітамінними комплексами, пробіотичними культурами, харчовими волокнами та незамінними мікроелементами. Водночас питання зниження вмісту цукру залишається одним із найбільш дискусійних у галузі. Попри запит на дієтичну продукцію, значна частина споживачів демонструє консерватизм щодо класичних органолептичних показників, часто відмовляючись від шоколаду з цукрозамінниками на користь традиційних рецептур. У відповідь на це виробники впроваджують стратегію порційного контролю, пропонуючи високоякісний шоколад у пакуванні зменшеного об'єму, що дозволяє споживачам балансувати між смаковим задоволенням та контролем глікемічного навантаження.

Аналіз ринкових вподобань свідчить, що за всієї відкритості до інновацій споживачі здебільшого залишаються вірними традиційним поєднанням, де лідерами стабільно виступають горіхи та ягоди. Проте для залучення нової аудиторії та диференціації брендів компанії активно експериментують із компонентами, що мають етнічне походження або статус суперфудів. У азійських країнах успішно застосовуються такі інгредієнти, як чай матча,

насіння чіа, ягоди годжі, а також квіткові екстракти та прянощі, що створюють унікальний сенсорний профіль. Разом із тим, запровадження радикально нових ароматів вимагає обережності та часто потребує поєднання з уже знайомими базовими смаками. Це підтверджується дослідженнями ринку США, де понад половина покупців роками обирає ідентичний тип шоколаду, а більшість респондентів підсвідомо шукає смакові характеристики, знайомі їм з дитинства.

Важливим чинником стабільності кондитерської галузі залишається сезонність, адже піки реалізації традиційно збігаються з періодами великих свят, що стимулює розробку лімітованих серій із тематичним дизайном. Паралельно із цим формується стійкий сегмент преміального шоколаду, який сприймається не як продукт щоденного споживання, а як цінний подарунок або засіб для особливої нагоди. Стандарти преміалізації сьогодні вимагають не лише використання сировини виняткової якості та складних смакових композицій, а й високого рівня естетичного оформлення та інноваційних форм.

Сучасний етап розвитку шоколадної індустрії поєднує в собі глибоку повагу до традиційних смакових стандартів із необхідністю технологічної адаптації під вимоги персоналізованого та функціонального харчування. Тренд на зростання споживання снігів, обумовлений активним способом життя та нестачею часу на повноцінну їжу, застосовується також шоколадної продукції. Виробники пропонують зручні упаковки, невеликі порції та відповідне позиціонування своєї продукції.

1.2 Особливості виробництва молочного шоколаду

1.2.1. Роль молочних компонентів у шоколаді

Традиційний молочний шоколад є складною багатокомпонентною системою, де молочні інгредієнти, такі як сухе молоко, вершки або молочний жир, відіграють вирішальну роль у формуванні текстурних та смакових характеристик. Ці компоненти забезпечують характерну в'язкість та текучість

шоколадної маси, що є критично важливим для процесів коншування та темперування. Поживна цінність жирів у таких системах визначається їхнім жирнокислотним складом, а також розподілом жирних кислот у молекулі тригліцеридів. Проте, як свідчать дослідження, найбільшу цінність для організму представляють поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), які містяться переважно в рослинних оліях, насінні та плодах, тоді як молочний жир містить значну кількість насичених жирів та холестерину.

Використання рослинної та молочної сировини в технологіях шоколадних виробів вважається перспективним з огляду на різноманіття їхнього хімічного складу, проте на практиці застосування молочних інгредієнтів стикається з низкою сучасних викликів. Насамперед це стосується дієтологічних обмежень: високий вміст лактози та тваринних ліпідів робить продукт непридатним для споживачів із лактазною недостатністю та тих, хто дотримується веганської дієти. Водночас просте вилучення молочних компонентів з рецептури призводить до погіршення реологічних показників, втрати характерної «вершкової» текстури та зміни консистенції продукту.

Наукові дослідження вказують на те, що складові речовини альтернативної рослинної сировини, зокрема білки та харчові волокна, здатні активно взаємодіяти з рецептурними жирами та впливати на перебіг технологічних процесів. Застосування харчових волокон у поєднанні з рослинними ліпідами, багатими на ПНЖК, дозволяє не лише скоригувати текучість та в'язкість маси, а й значно підвищити її біологічну цінність. Такий підхід перетворює шоколадну масу на функціональний напівфабрикат із заданими властивостями, забезпечуючи приємну текстуру та швидке насичення без негативного впливу холестерину [13].

1.2.2 Веганський молочний шоколад: стан досліджень

Виробництво безлактозної та веганської десертної продукції, до якої належить і шоколад, є складним технологічним процесом. Він вимагає не просто механічної заміни інгредієнтів, а глибокої адаптації технологій для

збереження автентичного смаку та текстури, що відповідають запитам споживачів[14]. Сучасні інновації в цій сфері відіграють ключову роль, дозволяючи створювати нові види кондитерських мас, які враховують етичні, екологічні та дієтологічні чинники, зокрема потреби людей з непереносимістю лактози та цукровим діабетом[15].

Одним із головних напрямків досліджень є використання рослинних альтернатив традиційному молоку. Виробники активно експериментують із соєвим, кокосовим, мигдальним та вівсяним молоком у сухому вигляді для створення веганських шоколадних мас. Окрім заміни молочної основи, актуальним є впровадження інноваційних підсолоджувачів, таких як стевія, еритрит або ксиліт. Це дозволяє суттєво знизити калорійність продукту та його глікемічний індекс, що робить такий шоколад безпечним для осіб, які стежать за рівнем цукру в крові.

Особливе місце в сучасних технологіях посідає збагачення шоколаду функціональними інгредієнтами: пробіотиками, пребіотиками, антиоксидантами та омега-3 жирними кислотами. Такі добавки перетворюють шоколад із звичайних ласощів на продукт, що сприяє поліпшенню загального самопочуття. Використання новітніх методів обробки сировини дозволяє зберігати натуральність і корисні властивості компонентів, одночасно оптимізуючи виробничі процеси та мінімізуючи вплив на довкілля.

Проте створення веганського шоколаду супроводжується низкою специфічних технологічних проблем. Вилучення традиційних молочних компонентів критично змінює реологічну структуру маси. Оскільки рослинна сировина має інший жирно-кислотний склад та фізико-хімічні властивості білків, це призводить до дестабілізації в'язкості та текучості. У процесі коншування та темперування веганські маси часто демонструють підвищену густину або схильність до нерівномірної кристалізації, що негативно впливає на глянсовий блиск та твердість готової плитки.

Вирішення цих реологічних викликів потребує точного підбору емульгаторів та структуроутворювачів. Саме тут використання харчових волокон виступає як

ефективне технологічне рішення: вони не лише компенсують відсутність сухих речовин молока, а й допомагають стабілізувати жирову фазу шоколаду. Таким чином, сучасні дослідження спрямовані на пошук ідеального балансу між рослинними заміниками та функціональними волокнами для досягнення органолептичних показників, максимально наближених до класичного молочного шоколаду.

1.2.3. Користь шоколаду на здоров'я

Науковий інтерес до шоколадної маси на сучасному етапі вийшов далеко за межі аналізу її кондитерських властивостей, зосередившись на дослідженні продукту як біоактивної системи. Сучасна парадигма харчової науки трансформувала сприйняття шоколаду: з категорії традиційних ласощів він перейшов у статус об'єкта глибоких нутриціологічних та фармакологічних розробок. У цьому контексті шоколадна маса розглядається не просто як джерело енергії, а як складна система доставки (delivery system) поліфенолів та інших метаболітів, що чинять доведений позитивний вплив на ключові системи життєдіяльності організму.

Центральним аспектом таких досліджень є феномен структурно-компонентної взаємодії — складний процес того, як поєднання окремих інгредієнтів визначає кінцеву біологічну цінність та функціональність продукту. Встановлено, що архітектоніка шоколадної маси (її внутрішня будова) безпосередньо модулює біодоступність активних речовин.

У класичному молочному шоколаді присутність молочних білків (казеїнів) створює бар'єр для засвоєння корисних сполук. Білки утворюють стійкі молекулярні зв'язки з флавонолами какао. Це явище фактично «блокує» їхню антиоксидантну здатність та суттєво уповільнює їх всмоктування в тонкому кишечнику.

Тому, саме розробка веганських рецептур є не лише відповіддю на етичні запити, а й обґрунтованим технологічним методом підвищення біоактивності

продукту. Вилучення молочного протеїну та його заміна на рослинні компоненти дозволяє розірвати ці зв'язки, звільняючи поліфеноли для активного поглинання організм

Таким чином, оптимізація складу шоколадної маси дозволяє керувати процесом вивільнення нутрієнтів у системний кровотік, перетворюючи шоколад на інструмент функціонального харчування та профілактичної медицини.

1.3 Харчові волокна як функціональні компоненти

Дослідження рослинних харчових волокон як функціональних нутрієнтів належить до пріоритетних завдань сучасної нутриціології та індустрії здорового харчування. Дані компоненти є гетерогенною системою біополімерів, які резистентні до дії гідролітичних ферментів шлунково-кишкового тракту людини, проте відіграють фундаментальну роль у підтримці внутрішнього гомеостазу та безпосередньо беруть участь у формуванні необхідних реологічних і структурно-механічних властивостей харчових матриць [16].

Науково обґрунтоване впровадження харчових волокон у виробничі процеси базується на їхньому поділі за ознакою розчинності у водному середовищі на дві великі категорії. Перша група — розчинні волокна, яскравими представниками яких є пектинові речовини, інουλін та рослинні камеді, здатні утворювати стабільні колоїдні системи з високою в'язкістю. У процесі травлення вони сповільнюють швидкість всмоктування моносахаридів і сприяють оптимізації ліпідного обміну шляхом зниження концентрації холестерину, тоді як у харчових технологіях їх використовують як ефективні загущувачі. Друга група включає нерозчинні полімери, зокрема целюлозу та лігнін, які активізують моторну функцію кишківника за рахунок механічного збільшення об'єму хімусу, а в структурі кондитерських мас виконують функцію стійкого каркаса, що запобігає деформації та усадці готових виробів [17, 18].

Серед розчинних полісахаридів особливу увагу дослідників привертає інουλін — поліфруктозан, побудований переважно із залишків фруктози. Його біологічна дія пов'язана з вираженою пребіотичною активністю, оскільки він слугує селективним поживним субстратом для автохтонної мікрофлори (біфідо- та лактобактерій) у товстому відділі кишківника. Активація мікробіоти стимулює імунну відповідь та ініціює продукування коротколанцюгових жирних кислот, які регулюють загальний метаболізм. Окрім терапевтичного ефекту, інουλін має високу технологічну цінність завдяки спроможності імітувати текстуру жиру, що дозволяє конструювати низькокалорійні рецептури з делікатним кремоподібним профілем без погіршення сенсорних характеристик [19, 20].

Для цілеспрямованого коригування консистенції та текстурних параметрів напівфабрикатів активно застосовують целюлозні волокна та псіліум (порошок з оболонки насіння *Plantago ovata*). Введення целюлози забезпечує жорсткість дисперсної системи та блокує синерезис, що вкрай важливо для стабілізації складних багатокомпонентних рецептур. Водночас псіліум демонструє виняткову гідрофільність: внаслідок високої концентрації розчинних слизів він формує міцні гелі, зв'язуючи об'єми рідини, які в десятки разів перевищують його власну масу. У технології дієтичних та безглютенових виробів псіліум виступає альтернативою білковому матриксу, надаючи напівфабрикатам необхідну еластичність, в'язкість та здатність утримувати гази.

Подібний механізм структурування притаманний і пектиновим речовинам, які у значній кількості містяться у плодово-ягідній сировині, насамперед у яблуках, смородині та цитрусових. Здатність пектинів до утворення тривимірних гелевих сіток детермінується ступенем їхньої естерифікації, що дозволяє регулювати параметри драглеутворення залежно від концентрації сухих речовин та рН системи. Застосування нативних пектинів плодово-ягідного походження повністю відповідає концепції «чистої етикетки» (clean label), забезпечуючи високу біологічну цінність і стабільні фізико-хімічні показники продуктів [21].

Фінальним етапом проєктування збагачених харчових систем є використання синергетичної взаємодії між різними класами полісахаридів. Сумісне введення розчинних і нерозчинних фракцій харчових волокон дозволяє досягти всебічного впливу на матрицю виробу: нерозчинні компоненти створюють міцну просторову архітектуру, а розчинні — забезпечують пластичність, ніжність і соковитість консистенції. Такий синергізм не лише покращує структурний профіль і пролонгує свіжість виробів шляхом міцного зв'язування вільної вологи, а й гарантує максимальну відповідність готового продукту критеріям функціонального харчування завдяки поєднанню сорбційних властивостей та пребіотичного ефекту.

2 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Організація виконання роботи та схема технологічного експерименту

Експериментальні дослідження з розробки перспективної веганської шоколадної маси функціонального призначення з підвищеним вмістом харчових волокон виконують на базі підприємства в лабораторії дослідження якості. Проведення технологічного експерименту базується на принципах системного підходу, методології харчової комбінаторики та реалізується у чіткій послідовності за трьома взаємопов'язаними та логічно завершеними етапами, що дозволяє забезпечити високу точність і відтворюваність одержаних результатів.

На першому етапі проводять комплексне дослідження та оцінку відповідності вимогам чинної нормативної документації базової жирової сировини кондитерського виробництва, безлактозних „рослинних замінників”, а також чотирьох видів дослідних функціональних наповнювачів.

Основну увагу при цьому приділяють визначенню базових фізико-хімічних, органолептичних та безпосередньо функціонально-технологічних показників. Комплексному аналізу піддають масову частку вологи, ступінь подрібнення (дисперсність) порошків та їхню жирутримувальну здатність, оскільки зазначені параметри безпосередньо впливають на архітекtonіку міжфазних шарів, характер адсорбційної взаємодії інгредієнтів із ліпідною фазою та подальше формування реологічної матриці гетерогенних шоколадних суспензій під час механічної обробки.

Другий етап включає теоретичне обґрунтування та математичний розрахунок чотирьох модельних рецептурних варіантів веганських шоколадних мас. Моделювання здійснюють з урахуванням повної заміни традиційної кристалічного цукру-піску та сухого коров'ячого молока „рослинними” аналогами з обов'язковим збереженням константного балансу між сухими речовинами какао та рідким дисперсійним середовищем.

На основі розрахованих масових співвідношень здійснюють безпосереднє відтворення технологічного циклу в лабораторних умовах: точне дозування інгредієнтів і гомогенізацію порошкоподібних компонентів, порційне змішування з жировою основою та тривале коншування отриманих сумішей за заданих термічних і механічних параметрів для інтенсивної деаерації та остаточного руйнування флоккуляційних агломератів часток. Завершується етап делікатним процесом термостатування, механічного кристалоутворення та формуванням дослідних зразків шоколадної маси.

На фінальному, третьому етапі передбачається розширене інструментальне дослідження отриманих дослідних зразків веганської шоколадної маси. Оцінку якості систем здійснюють за реологічними критеріями, що включають визначення ефективної в'язкості при різних градієнтах швидкості зсуву на ротаційному віскозиметрі (Rheotest-2) для встановлення типу течії та характеру руйнування просторової коагуляційної структури суспензій.

Паралельно реалізують комплексний аналіз фізико-хімічних та сенсорних властивостей готового продукту з побудовою діаграм органолептичної оцінки.

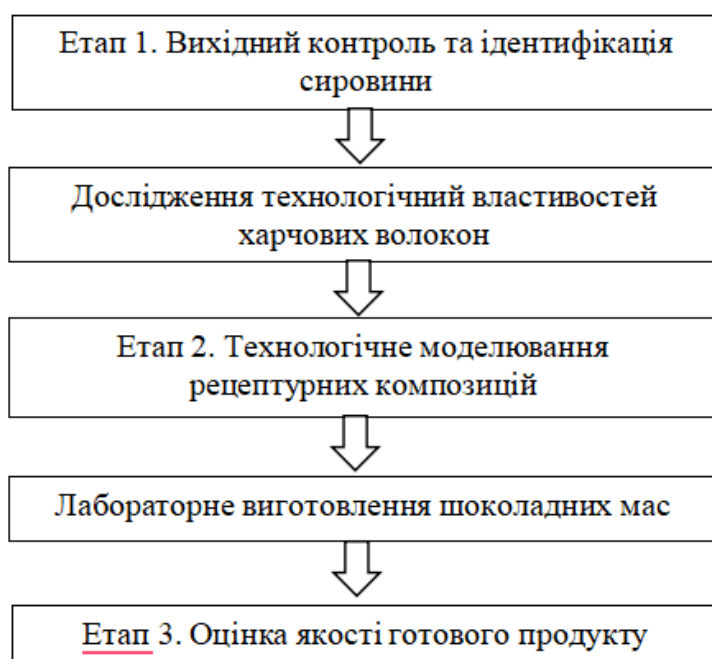


Рис. - 2.1 Структурно-логічна схема проведення технологічного експерименту

2.2 Методики визначення показників якості сировини та готової продукції

Для комплексного оцінювання властивостей вихідних компонентів, контролю параметрів технологічного процесу та аналізу фізико-хімічних, реологічних і сенсорних показників розроблюваної веганської безцукрової шоколадної маси застосовували комплекс стандартних, інструментальних та спеціальних методів досліджень.

Усі експериментальні дослідження, перевірку на практиці модельних систем та вимірювання фізико-хімічних показників проводили на базі кондитерського підприємства ТОВ «Малбі Фудс» (шоколадна фабрика «Millennium»), у спеціалізованій вимірювальній лабораторії «МИР». Це дозволило верифікувати отримані результати на сертифікованому високотехнологічному обладнанні та оцінити потенціал впровадження розробленого продукту у реальний технологічний потік.

Контроль якості на кожному етапі моделювання шоколадної маси реалізували за допомогою наступного інструментального комплексу:

Моніторинг реологічного показника - реологічні параметри безлактозних шоколадних мас визначали за допомогою інтегрованої системи, що складається з обладнання визначення в'язкості - віскозиметра Lamy Rheology (Франція) та системи температурного контролю EVA MS-DIN EVA. Вимірювання базується на зсувному деформуванні маси у циліндричній системі (коаксіальні циліндри згідно з DIN 53019 та ISO 3219) з термостатуванням зразка.

Термогравіметричний аналіз вмісту вологи - експрес-визначення масової частки вологи у висушених рослинних інгредієнтах в готових шоколадних масах здійснювали на електронному аналізаторі вологості Sartorius MA 45 (Німеччина) термогравіметричним методом за постійного зважування в реальному часі. Попередню дегідратацію та підготовку сировини проводили в сушильній шафі СП 50 із примусовою конвекцією повітря.

Рефрактометричний контроль показника заломлення - для ідентифікації чистоти рідких компонентів та оцінки концентрації розчинних сухих речовин

застосовували автоматичний цифровий рефрактометр RA-600 (Kyoto Electronics Manufacturing, Японія). Принцип вимірювання базується на оптичному методі визначення критичного кута повного внутрішнього відбиття світлового променя через сапфірову призму з автоматичною температурною компенсацією на елементах Пельтьє.

Фотометричне визначення кислотності жирової фази - моніторинг вмісту вільних жирних кислот (FFA) як індикатора свіжості какао-масла та кокосового жиру здійснювали на спеціалізованому біохімічному аналізаторі CDR FoodLab Touch (Італія). Метод аналізу — колориметричний, за якого вбудований фотометр вимірює оптичну щільність системи після реакції мікродози розплавленого жиру зі специфічним хромогенним реагентом.

Контроль дисперсності та ступеня подрібнення твердої фази - оперативний вимір ступеня подрібнення часток шоколадної маси виконували за допомогою цифрового мікрометра з фрикційним механізмом МІКРОТЕХ МКЦ-50 першого класу точності (Україна), що дозволяє усунути похибку від надмірного стискання зразка інструментом.

Прецизійні ваговимірвальні операції - зважування макрокомпонентів рецептури здійснювали на лабораторних квадратних вагах типу ВЛКТ-500 четвертого класу точності. Для точного дозування мікрокомпонентів, екстракту стевії та ваніліну, застосовували високоточні аналітичні лабораторні ваги ВЛК-200 другого класу точності (Україна).

Математичну обробку отриманих результатів, розрахунок довірчих інтервалів та середнього арифметичного значення проводили з використанням методів математичної статистики та програмного забезпечення Microsoft Excel 2019 за рівня значущості $p \leq 0,05$.

2.2.1 Метод визначення масової частки вологи

Визначення масової частки вологи у зразках вихідної рослинної сировини та модельних зразках готових веганських шоколадних мас здійснювали

термогравіметричним методом на електронному аналізаторі вологості Sartorius MA 45 (Німеччина). Метод базується на інтенсивному висушуванні наважки досліджуваного зразка під дією інфрачервоного випромінювання з одночасним безперервним зважуванням у реальному часі та автоматичним обчисленням масової частки видаленої вологи.

Для проведення випробувань та підготовки зразків використовували таке інструментальне забезпечення: електронний аналізатор вологості (вологомір) Sartorius MA 45; одноразові алюмінієві кювети для зразків; лабораторний шпатель або скляна паличка для рівномірного розподілу наважки; шафа сушильна СП 50 із примусовою конвекцією повітря (для попередньої дегідратації нативної рослинної сировини за необхідності).

Перед початком вимірювання електронний аналізатор вологості виходили на робочий температурний режим. Одноразову алюмінієву кювету тарували безпосередньо на вбудованих вагах приладу для нівелювання її маси. У центр кювети поміщали наважку попередньо подрібненого зразка рослинного порошку або розм'якшеної шоколадної маси вагою близько $(5,0 \pm 0,1)$ г. За допомогою шпателя наважку рівномірно розподіляли тонким шаром по всій площі поверхні кювети для забезпечення рівномірного прогрівання суспензії та інтенсифікації масообміну.

Кювету зі зразком фіксували у тримачі, закривали кришку приладу та запускали автоматичний процес висушування за температури (105 ± 2) °С. Вбудоване програмне забезпечення аналізатора здійснювало постійний моніторинг динаміки втрати маси. Висушування припинялося автоматично в момент досягнення зразком постійної маси (коли зміна ваги за інтервал часу не перевищувала 1 мг).

Розрахунок масової частки вологи (W , %) проводили за формулою:

$$W = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m_1 - m_0}$$

де: m_0 - маса порожньої скляної бюкси, г;

m_1 - маса бюкси з наважкою какао тертого до висушування, г;

m_2 - маса бюкси з наважкою після висушування та термостатування в ексикаторі, г.

Кінцевий результат вимірювання миттєво виводився на цифровий дисплей аналізатора вологості.

2.2.2 Метод визначення та розрахунку пероксидного числа

Автоматичний розрахунок показників первинного окиснення ліпідного матриксу в аналізаторі CDR FoodLab Touch базується на принципах абсорбційної фотометрії та законі Бугера-Ламберта-Бера. Реєстрація оптичної щільності реакційного середовища після взаємодії мікродози жиру (або соняшникового лецитину) із хромогенним реагентом дозволяє миттєво визначити концентрацію активного кисню.

Метод аналізу базується на здатності пероксидів, що містяться в жировій фазі, окиснювати іони двовалентного заліза (Fe^{2+}) до тривалентного (Fe^{3+}) в кислому середовищі. Утворені іони Fe^{3+} вступають у швидку взаємодію з хромогенним реагентом, викликаючи появу специфічного забарвлення. Оптичну щільність отриманого комплексу, яка прямо пропорційна концентрації пероксидів, вимірює вбудований твердотільний фотометр приладу на основі принципів абсорбційної фотометрії та закону Бугера-Ламберта-Бера.

Для проведення випробувань використовували таке матеріально-технічне забезпечення: експрес-аналізатор якості жирів CDR FoodLab Touch із вбудованим термостатом; автоматичні мікропіпетки-дозатори фіксованого та змінного об'єму (на 5 мкл та 1000 мкл) зі змінними наконечниками; готові герметичні тестові кювети фабричного виробництва з хромогенним реагентом; баня водяна лабораторна електрична з цифровим терморегулятором; паперові беззольні фільтри (для підготовки рідкої фази).

На першому етапі здійснювали делікатне виділення чистої ліпідної фази з досліджуваних зразків. Для цього наважку готової веганської шоколадної маси акуратно розтоплювали на водяній бані за температури $(45 \pm 2) ^\circ\text{C}$, що

повністю виключає ризик додаткової термічної деструкції ліпідів. Отриману розплавлену суспензію фільтрували через паперовий беззольний фільтр до утворення абсолютно прозорого рідкого фільтрату жиру, відокремленого від вискодисперсних часток харчових волокон та „альтернативного сухого молока”.

Безпосереднє виконання аналітичних операцій на приладі реалізували за таким алгоритмом:

У головному програмному меню сенсорного дисплея аналізатора обирали тип досліджуваного продукту («Жири та олії») та конкретний робочий показник («Пероксидне число»).

Герметичну тестову кювету з готовим реагентом поміщали в інкубаційний комірчастий блок приладу для попереднього термостатування за температури 37 °C протягом встановленого таймером часу.

Перед безпосереднім внесенням проби виконували автоматичне калібрування фотометричного модуля за «холостою» кюветою для визначення нульової точки поглинання світла (система автоматично реєструвала еквівалент значення V_0).

За допомогою прецизійної автоматичної мікропіпетки відбирали мікродозу підготовленого розплавленого жиру або нативного соняшникового лецитину об'ємом 5 мкл (або 2,5 мкл, залежно від очікуваного діапазону вимірювання) та вносили її всередину тестової кювети.

Кювету закривали кришкою та інтенсивно струшували протягом 10–15 секунд для повної гомогенізації суміші та інтенсифікації колориметричної реакції, після чого повторно встановлювали в аналітичний блок фотометра.

Протягом встановленого часу експозиції прилад фіксував зміну оптичної щільності реакційного середовища, трансформував отриманий сигнал через вбудований математичний алгоритм у кінцевий результат і виводив цифрове значення ПЧ на екран.

Математична модель, яка закладена у програмний модуль приладу для обчислення пероксидного числа (ПЧ, ммоль/кг активного кисню), повністю еквівалентна класичному титриметричному методу і реалізується за формулою:

$$\text{ПЧ} = \frac{(V_1 - V_0) \cdot c \cdot K \cdot 1000}{m}$$

де: V_1 - об'єм розчину тіосульфату натрію концентрацією 0,01 моль/дм³, витрачений на титрування, мл;

V_0 - об'єм розчину тіосульфату натрію, витрачений на титрування у холостому експерименті, мл;

c - номінальна молярна концентрація розчину тіосульфату натрію (0,01 моль/дм³);

K - поправочний коефіцієнт до титру розчину тіосульфату натрію;

m - маса наважки, г;

1000 - постійний математичний коефіцієнт перерахунку отриманих результатів експерименту на 1 кг досліджуваного жирового продукту.

Запуск аналітичного циклу починається з автоматичного обнулення фотометричної шкали за холостою пробою, що дозволяє системі автоматично вирахувати значення V_0 . Після внесення наважки m та завершення колориметричної реакції в інкубаційному блоці, прилад фіксує кінцеве поглинання світла, визначає еквівалент V_1 та виводить остаточне значення ПЧ на дисплей.

Такий інтегрований підхід забезпечує високу швидкість аналізу, усуває суб'єктивну помилку лаборанта під час візуального фіксування кінцевої точки титрування та гарантує точність результату вхідного контролю сировини.

2.3.3 Метод визначення та розрахунку кислотного числа жиру

Кислотне число (КЧ) характеризує кількість вільних жирних кислот і відображає глибину гідролітичного псування ліпідів під час механічної та теплової обробки (коншування) шоколадної маси. Моніторинг цього показника

здійснювали фотометричним методом на спеціалізованому біохімічному аналізаторі CDR FoodLab Touch (Італія).

Метод аналізу — колориметричний. Він базується на реакції взаємодії вільних аліфатичних жирних кислот, що містяться у мікродозі розплавленого жиру, зі специфічним хромогенним реагентом у кюветі. Ця взаємодія викликає стрімку зміну інтенсивності забарвлення розчину. Вбудований твердотільний фотометр вимірює оптичну щільність системи при фіксованій довжині хвилі, яка прямо пропорційна концентрації вільних жирних кислот, і автоматично трансформує сигнал у підсумкові показники.

Для проведення випробувань використовували таке матеріально-технічне забезпечення: експрес-аналізатор якості жирів CDR FoodLab Touch; автоматичні мікропіпетки-дозатори фіксованого об'єму (на 2–5 мкл) зі змінними наконечниками; готові герметичні тестові кювети фабричного виробництва з хромогенним реагентом; водяна баня лабораторна електрична з цифровим терморегулятором; паперові беззольні фільтри (для відокремлення рідкої фази).

Для виділення ліпідної фази дослідний зразок шоколадної маси акуратно розтоплювали на водяній бані за температури 45 ± 2 °C (для запобігання штучній термічній деструкції та гідролізу ліпідів) і фільтрували через паперовий беззольний фільтр для повного відокремлення високовидисперсних сухих речовин. Отриманий прозорий фільтрат чистого жиру термостатували перед початком тесту.

Безпосереднє виконання аналітичних операцій на приладі реалізували за таким алгоритмом: У головному програмному меню сенсорного дисплея аналізатора обирали показник «Вільні жирні кислоти (кислотне число)».

Герметичну тестову кювету з готовим реагентом поміщали в інкубаційний комірчастий блок приладу для попереднього термостатування за температури 37 °C.

Перед внесенням проби здійснювали автоматичне калібрування фотометричного модуля за «холостою» кюветою для визначення нульової точки поглинання світла.

За допомогою прецизійної автоматичної мікропіпетки відбирали мікродозу підготовленого розплавленого жиру об'ємом від 2 до 5 мкл (залежно від обраного діапазону вимірювання) та вносили її всередину тестової кювети.

Кювету закривали кришкою та інтенсивно струшували протягом 10 секунд для повної гомогенізації суміші та запускання колориметричної реакції нейтралізації, після чого повторно встановлювали в аналітичний блок фотометра.

Протягом встановленого часу експозиції прилад фіксував зміну оптичної щільності реакційного середовища, трансформував отриманий сигнал через вбудований математичний алгоритм у кінцевий результат і виводив цифрове значення на екран.

Математична модель, яка закладена у програмний процесорний модуль приладу для обчислення кислотного числа жиру (КЧ, мг КОН/г жиру) та паралельного визначення вмісту вільних жирних кислот (ВВЖК, % у перерахунку на домінуючу олеїнову кислоту), повністю еквівалентна класичному титриметричному методу і реалізується за формулами: де у процесинговому алгоритмі приладу прийняті такі змінні параметри:

$$\text{КЧ} = \frac{V \cdot C \cdot 56,11}{m}$$

$$\text{ВВЖК} = \frac{V \cdot c \cdot M \cdot K \cdot 100}{m \cdot 1000}$$

де: V — еквівалентний об'єм розчину гідроксиду калію (КОН), витраченого на автоматичну нейтралізацію вільних жирних кислот у дослідній пробі жиру, см^3 (мл);

C — молярна концентрація розчину гідроксиду калію ($C = 0,1$ моль/дм³);

K — поправочний коефіцієнт до номінального титру розчину КОН, що вноситься під час періодичного метрологічного калібрування фотометра;

56,11 — молярна маса еквівалента гідроксиду калію, мг/моль;

M — молярна маса олеїнової кислоти ($M = 282,46$ г/моль);
 m — маса наважки чистого жиру, виділеного зі зразка шоколадної маси, г;
 1000 — постійний математичний коефіцієнт перерахунку отриманих результатів експерименту.

2.2.4 Методи дослідження реологічних властивостей

Реологічні показники розроблених безцукрових безлактозних виробів досліджували з метою наукового обґрунтування та оптимізації процесів механічного коншування, темперування та формувальних операцій отриманих суспензій.

Визначення реологічного профілю здійснювали інструментальним методом за допомогою інтегрованої вимірювальної системи, що складається з ротаційного віскозиметра Lamy Rheology (Франція) та системи високоточного температурного контролю EVA MS-DIN EVA. Метод базується на зсувному деформаційному навантаженні дослідної маси у циліндричній системі (коаксіальні циліндри згідно з міжнародними стандартами DIN 53019 та ISO 3219) за умов вимірювання крутного моменту внутрішнього циліндра, що обертається в рідкому гетерогенному середовищі із заданою швидкістю зсуву.

Для проведення реологічних випробувань та математичного моделювання течії мас використовували таке матеріально-технічне забезпечення: ротаційний віскозиметр Lamy Rheology; система температурного контролю та стабілізації кювети EVA MS-DIN EVA; прецизійний цифровий термостат; цифровий мікрометр із фрикціоном МІКРОТЕХ МКЦ-50 першого класу точності (Україна) для оперативної оцінки лінійної дисперсності часток.

На першому етапі дослідні зразки веганських шоколадних мас піддавали обов'язковому попередньому термостатуванню у лабораторному термостаті за температури $(40 \pm 0,5)$ °C протягом 30 хвилин. Даний технологічний параметр є критично важливим для повного руйнування кристалічних зародків жирової

фази (какао-масла та кокосового ліпідного комплексу) та досягнення повної реологічної гомогенності системи до початку деформації.

Підготовлену рідку шоколадну суспензію у фіксованому об'ємі акуратно вносили у робочу вимірювальну комірку (стакан) системи EVA, де температура автоматично стабілізувалася на рівні 40 °С. Робочий циліндр занурювали в масу, після чого запускали програмний модуль віскозиметра.

Вимірювання здійснювали у регламентованому діапазоні швидкостей зсуву шляхом плавного та послідовного підвищення частоти обертання ротора від мінімальних до максимальних технологічних значень із паралельним цифровим фіксуванням показників виникаючого дотичного напруження зсуву.

Оцінку ефективної в'язкості (η , Па·с) інтегрований процесор приладу здійснював автоматично на основі відношення отриманого напруження зсуву до заданої швидкості деформації середовища за формулою:

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

де: τ — дотичне напруження зсуву, Па;

$\dot{\gamma}$ — швидкість градієнта зсуву, с⁻¹.

Отримані реологічні криві течії обробляли у програмному забезпеченні віскозиметра для математичного розрахунку пластичної в'язкості, що дозволяє спрогнозувати плинність маси.

Оцінка дисперсності твердої фази. Для запобігання появи дефекту крупчастості, досягнення ефекту «шовковистості» та нівелювання відчуття «піщанистості» готового продукту, розмір часток твердих компонентів після коншування не повинен перевищувати 20–25 мкм.

Оперативний вимір ступеня подрібнення часток шоколадної маси здійснювали методом лінійного вимірювання за допомогою цифрового мікрометра МІКРОТЕХ МКЦ-50. Краплю досліджуваної термостатованої маси за температури 40 °С наносили на вимірювальні губки мікрометра. За допомогою вбудованого фрикційного механізму, який повністю усуває похибку

від надмірного механічного стискання зразка інструментом лаборантом, плавно зводили губки до упору.

Кінцеву товщину пресованого шару суспензії фіксували на рідкокристалічному дисплеї мікрометра з точністю до 1 мкм. За остаточний результат визначення реологічних параметрів та дисперсності приймали середнє арифметичне значення результатів трьох послідовних паралельних вимірювань.

2.2.5 Метод органолептичного аналізу

Для визначення споживчих переваг розроблених рецептур веганських безцукрових шоколадних мас та встановлення впливу нових компонентів (харчових волокон, сухого „рослинного” молока та екстракту стевії) на сенсорний профіль застосовували метод балової оцінки. Комплексне аналітичне дослідження проводили з використанням розробленої дескрипторно-профільної шкали відповідно до вимог ДСТУ ISO 6658:2014. Сенсорний аналіз та дегустаційну оцінку модельних зразків здійснювала закрита дегустаційна комісія, сформована на базі підприємства ТОВ «Малбі Фудс». До складу комісії увійшли профільні спеціалісти, провідні технологи та сертифіковані експерти виробничої лабораторії «МИР». Органолептичні випробування проводили у спеціалізованому приміщенні для дегустацій, що повністю відповідає міжнародним стандартам щодо рівню освітленості, температурного режиму 20 ± 2 °C, відносної вологості повітря та відсутності сторонніх запахів. Оцінювання кодованих зразків здійснювали за розробленою диференційованою 5-бальною шкалою, де кожному балу відповідала чітка якісна характеристика ступеня вираженості показника. Аналіз проводили за такими основними базовими дескрипторами якості шоколадної маси:

Зовнішній вигляд — наявність, інтенсивність і стійкість глянцевої поверхні, чіткість форми, відсутність ознак жирового чи цукрового посивіння, нальоту або механічних пошкоджень.

Колір — рівномірність забарвлення по всій площі зразка, інтенсивність відтінку, його відповідність та характерність для даного типу шоколадної маси без цукру.

Аромат — інтенсивність, вираженість та чистота шоколадних нот, гармонійність поєднання з кокосовим ароматом, відсутність сторонніх тонів.

Структура і текстура — ступінь однорідності, щільність дисперсної системи, твердість та наявність характерного чіткого «хрускоту» (кляцання) при розламуванні застиглого зразка за кімнатної температури.

Характер танення в ротовій порожнині — швидкість і плавність плавлення під дією температури тіла, ступінь дисперсності, відсутність відчутної «піщанистості» (крупчастості) твердої фази нутового порошку та «салистого» присмаку жирової матриці.

Гармонійність смаку та тривалість післясмаку — збалансованість солодкості, синергізм інтегрованих рецептурних наповнювачів, ступінь маскування специфічного присмаку інтенсивного підсолоджувача (стевії) та тривалість приємного шоколадно-кокосового післясмаку.

Перед початком органолептичної оцінки кожному дегустатору надавали індивідуальну інструкцію (дегустаційний лист) із детальним описом дескрипторів та мінеральну воду кімнатної температури для очищення смакових рецепторів між випробуваннями різних зразків суспензій.

На основі отриманих від експертів даних вираховували середнє арифметичне значення балів за кожним показником із урахуванням коефіцієнтів вагомості. Кінцеві результати математичної обробки дегустаційних листів використовували для графічного моделювання сенсорних показників продукту. Для цього будували комплексну діаграму у вигляді діаграми-павутинки, яка дозволила наочно порівняти органолептичні характеристики різних модельних зразків шоколадних мас та встановити оптимальне співвідношення інгредієнтів рецептури.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Якісний аналіз та вхідний контроль сировини

Головною передумовою розробки веганської шоколадної маси є повна відмова від традиційного білого цукру з метою зниження глікемічного індексу готового продукту, зменшення його калорійності та створення функціонального виробу, придатного для дієтичного, діабетичного та здорового харчування. Вибір екстракту стевії як альтернативного підсолоджувача обумовлений його унікальними фізико-хімічними та біологічними властивостями. На відміну від синтетичних аналогів, стевія є повністю натуральним глікозидом рослинного походження, який володіє високим коефіцієнтом солодкості (у 200–300 разів вищим за цукор), що дозволяє досягати необхідних органолептичних показників за мінімальних дозувань. Окрім цього, екстракт стевії є абсолютно термостабільним при температурах до 200 °С, не вступає в реакцію меланоїдиноутворення (майярівську реакцію) під час тривалого теплового коншування шоколадної маси, не має енергетичної цінності та не викликає інсулінового відгуку, що робить його ідеальним базовим компонентом для моделювання безцукрових виробів.

Вхідний контроль та підготовка сировини є визначальним етапом у виробництві інноваційної веганської шоколадної маси, оскільки вони безпосередньо впливають на органолептичні властивості, дисперсність та реологічну стабільність готової маси під час темперування й формування. Заміна сухого коров'ячого молока на сухе „альтернативне” молоко викликана метою повного виключення лактози та будь-яких компонентів тваринного походження, що забезпечує відповідність виробу стандартам.

Специфіка розробки даної безцукрової та безлактозної шоколадної маси функціонального призначення полягає у залученні гетерогенної композиції, що складається з екстракту стевії, сухого „рослинного” молока та чотирьох видів

харчових волокон. Через різну гідрофільність, водоутримувальну здатність та капілярно-пориству структуру цих функціональних компонентів, якісний аналіз кожної партії вхідної сировини є обов'язковим для точного прогнозування в'язкості, граничного напруження зсуву та текстурних характеристик шоколадної маси.

3.1.1 Какао-масло

За природою какао-масло — це жир, який отримують шляхом пресування мелених бобів какао. Воно є головною жировою основою шоколадної маси, що забезпечує її тверду структуру за кімнатної температури та характерне швидке танення в ротовій порожнині завдяки специфічному тригліцеридному складу.

Показники якості здійснюють відповідно до ДСТУ 5004:2017 «Какао-масло. Технічні умови» [22]. Результати перевірки якісних показників какао-масла наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1. – Показники якості досліджуваного какао-масла

Назва показника	Норма згідно НД	Фактичне значення	Метод контролювання
Смак і запах	Властивий какао-маслу, без стороннього присмаку та запаху	Відповідає	Органолептичний
Колір	Від світло-жовтого до кремового	Світло-жовтий	Органолептичний
Консистенція за температури: - від 16°C до 18°C - 40°C	Тверда, ламка Рідка, текуча	Відповідає	Органолептичний

Продовження таблиці 3.1

Вміст вільних жирних кислот (як олеїнова кислота), %, не більше ніж	1,75	0,85	згідно з ДСТУ 4350
Пероксидне число, ммоль/кг, не більше ніж	3	1,2	згідно з ДСТУ ISO 3960
Коефіцієнт рефракції за 40°C	1,456-1,458	1,457	згідно з ДСТУ ISO 6320

Зберігання сировини в умовах лабораторії здійснювали у герметичній упаковці в темному сухому приміщенні за температури $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$ та відносної вологості повітря не більше ніж 75%.

3.1.2 Какао терте

Какао терте є основним смако-ароматичним компонентом та носієм сухого знежиреного залишку какао у технології шоколадного виробництва. Воно являє собою висококонцентровану гетерогенну суспензію подрібнених клітинних тканин какао-бобів (тверда дисперсна фаза) у розплавленому какао-маслі (рідке дисперсійне середовище). При входному контролі критично важливо оцінювати масову частку води какао тертого, оскільки навіть незначний її надлишок призводить до інтенсивного коагуляційного агрегування твердих часточок, різкого зростання ефективної в'язкості та повної втрати плинності шоколадної маси під час її механічної обробки та коншування.

Якість та безпечність какао тертого оцінювали за органолептичними та фізико-хімічними параметрами відповідно до вимог чинного національного

стандарту ДСТУ 5006:2017 «Какао терте. Загальні технічні умови»[23].
Результати лабораторного аналізу зведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Показники якості досліджуваного какао тертого

Назва показника	Норма згідно ДСТУ 5006:2017	Фактичне значення	Метод контролювання
Смак і запах	Гіркий, виражений шоколадний, з в'язучим присмаком, без сторонніх присмаків та запахів	Відповідає	Органолептичний
Колір	Темно-коричневий	Відповідає	Органолептичний
Консистенція за температури: - від 16°C до 18°C - 40°C	Тверда, щільна, ламається при натисканні Рідка, текуча	Відповідає	Органолептичний
Масова частка вологи, %, не більше ніж	2,0	1,45	згідно з ДСТУ 4962
Масова частка жиру (какао-масла), %	48,0 - 56,0	53,8	за методом Сокслета
Ступінь подрібнення, %, не більше ніж	2,5	1,3	згідно з ДСТУ 5006

3.1.3 Соняшниковий лецитин

Соняшниковий лецитин (харчова добавка E322) виконує роль поверхнево-активної речовини (емульгатора) у технології виробництва веганської шоколадної маси. Його функціональна дія спрямована на зниження міжфазного

натягу на межі поділу «тверда дисперсна фаза — рідке дисперсійне середовище», зменшення граничного напруження зсуву та ефективної пластичної в'язкості шоколадної суспензії, що містить значну кількість капілярно-пористих рослинних волокон.

Вхідний контроль, оцінку якості та безпечності досліджуваного соняшникового лецитину здійснювали відповідно до вимог ТУ У 21.2-2749912831-001:2019. Результати лабораторної перевірки якісних показників наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Показники якості соняшникового лецитину згідно з ТУ У 21.2-2749912831-001:2019

Назва показника	Норма згідно ТУ У 21.2-2749912831-001:2019	Фактичне значення	Метод контролювання
Смак і запах	Властиві лецитину, без сторонніх присмаків, запахів та згірклості	Відповідає	Органолептичний
Колір	Від світло-коричневого до темно-коричневого	Світло - коричневий	Органолептичний
Консистенція при 20°C	В'язка однорідна рідина	Відповідає	Органолептичний
Масова частка речовин, нерозчинних в ацетоні (вміст фосфоліпідів), %, не менше	60,0	61,8	Екстракційний

Продовження таблиці 3.3.

Пероксидне число, ммоль/кг, не більше ніж	10,0	2,8	Йодометричний
---	------	-----	---------------

3.1.4 Обґрунтування вибору сухого рослинного молока

При розробленні рецептур веганських шоколадних мас без цукру одним із найважливіших завдань є підбір сухого „рослинного компонента”, який здатний повноцінно замінити сухе коров'яче молоко. Рослинний замінник повинен не лише забезпечувати приємні органолептичні показники, а й правильно поводитися у складі жирової дисперсної системи шоколадної маси під час її тривалого механічного та термічного оброблення. На початковому етапі досліджень було проаналізовано п'ять найпопулярніших видів сухого „рослинного” молока: соєве, вівсяне, рисове, мигдалеве та кокосове.

Для систематизації отриманих результатів, порівняння фізико-хімічних та органолептичних роказників наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Порівняльна характеристика технологічних властивостей різних видів сухого „рослинного” молока

Вид сухого рослинного молока	Масова частка жиру, %	Масова частка білка, %	Переважаючий тип жирних кислот / Вплив на в'язкість	Наслідки для готової веганської шоколадної маси
Сухе соєве молоко	20,0–22,0	35,0–40,0	Гідрофільні протеїни (зв'язують вільний жир)	Виражений «бобовий» та «крейдяний» присмак
Сухе вівсяне молоко	8,0–10,0	12,0–15,0	Високий вміст крохмалю (ризик клейстеризації)	Приємний, але викликає різке загустіння маси

Продовження таблиці 3.4.

Сухе рисове молоко	4,0–6,0	5,0–7,0	Надлишок вуглеводів (нестача жирової фази)	«Водянистий» смак, відсутність вершкової текстури
Сухе мигдалеве молоко	45,0–48,0	20,0–22,0	Поліненасичені жирні кислоти (ризик окиснення)	Чистий горіховий смак, висока вартість сировини
Сухе кокосове молоко	50,0–55,0	8,0–10,0	Насичені лауринові тригліцериди (стабільні)	Чистий, солодкуватий, виражений вершковий профіль

При обґрунтуванні вибору сухого „рослинного” молока було детально проаналізовано та відхилено кілька „альтернативних” замінників через їхній деструктивний вплив на якість готового продукту. Зокрема, сухе соєве молоко, попри високий вміст повноцінного білка та природного емульгатора лецитину, має специфічний «бобовий» та «крейдяний» присмак. У структурі безцукрової шоколадної маси цей дескриптор майже неможливо замаскувати, що суттєво погіршує традиційні органолептичні властивості десерту. Сухе вівсяне молоко характеризується високим вмістом вільних цукрів та крохмальної фракції. Під час коншування шоколадної маси за температури понад 50–55 °C вівсяний крохмаль під дією навіть мінімальної залишкової вологи схильний до часткової клейстеризації, що призводить до стрімкого зростання в'язкості, втрати плинності маси та унеможливорює її подальше якісне формування. Натомість кокосовий порошок відзначається високою жирністю (понад 50,0 %), ліпідна фаза якої представлена стабільними насиченими лауриновими кислотами, що виключає ризик раптового зв'язування вільного какао-масла, забезпечує

збереження необхідної плинності системи та гарантує чистий вершковий профіль готового виробу.

Для глибшого розуміння структурного аналогу та підтвердження можливості повноцінної заміни тваринної сировини на рослинну, було проведено пряме зіставлення характеристик сухого незбираного коров'ячого молока та обраного зразка сухого кокосового молока (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 – Порівняльна характеристика фізико-хімічних та технологічних показників сухого коров'ячого та сухого кокосового молока

Показник харчової та технологічної цінності	Сухе незбиране коров'яче молоко	Сухе кокосове молоко (обраний зразок)	Технологічне значення для шоколадної маси
Масова частка жиру, %	25,0–26,0	50,0–55,0	Формує пластичність системи, забезпечує кремоподібну текстуру та ефект танення.
Масова частка білка, %	26,0–28,0	8,0–10,0	Білки діють як дрібнодисперсний наповнювач. Кокосовий протеїн менш гідрофільний, ніж казеїн.
Тип основних жирних кислот	Насичені (пальмітинов а, олеїнова, міристинова)	Насичені (лауринова, міристинова, капрінова)	Визначає температуру застигання та стійкість ліпідної матриці до прогрівання.
Вміст вуглеводів (цукрів), %	36,0–38,0 (лактоза)	25,0–30,0 (природні цукри/мальтодекстрин)	Впливає на формування загального солодкого профілю та дисперсність сухої фази.

Продовження таблиці 3.5.

Масова частка вологи, %	3,0–4,0	1,15–1,50	Критичний показник: низька вологість кокосового молока знижує ризик загустіння маси.
Присутність алергенів	Лактоза, казеїн (тваринні алергени)	Відсутні	Дозволяє позиціонувати продукт як «Lactose-free» та «Vegan».

Зіставлення даних таблиці показує, що сухе кокосове молоко виступає ефективним технологічним аналогом коров'ячого молока, забезпечуючи при цьому покращені властивості для формування безлактозного кондитерського виробу. Підвищена масова частка рослинного жиру в кокосовому порошку дозволяє збагатити систему тригліцеридами, які за температурою плавлення близькі до жирів какао-основи, що гарантує плавне та швидке танення шоколаду в ротовій порожнині споживача. Менша концентрація білка порівняно з тваринним аналогом знижує загальну гідрофільність сухої фази — кокосовий протеїн не зв'язує надмірно вільне какао-масло, завдяки чому шоколадна маса зберігає стабільну низьку в'язкість на всіх етапах механічного оброблення. Важливою перевагою також є низька вихідна вологість кокосового молока (до 1,50 %), що мінімізує ризик утворення агломератів («структурного шоку») та дозволяє повністю виключити тваринні алергени, зберігаючи звичний для споживача вершковий смаковий профіль.

Для гарантування безпечності, стабільності технологічного процесу та підтвердження відповідності нормативній документації, обрана промислова партія сухого кокосового молока пройшла повний комплекс вхідного контролю якості на відповідність технічним умовам (ТУ) та чинним стандартам для кондитерської галузі. Результати перевірки органолептичних та базових фізико-хімічних показників наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Показники якості досліджуваного сухого кокосового молока

Назва показника	Норма згідно ТУ	Фактичне значення	Метод контролювання
Смак і запах	Чистий, властивий кокосу, солодкуватий, без сторонніх присмаків та запахів	Відповідає	Органолептичний
Колір	Білий або з легким кремовим відтінком, однорідний	Білий	Органолептичний
Консистенція	Дрібнодисперсний сухий порошок, допускаються грудки, що легко розсипаються	Відповідає	Органолептичний
Масова частка вологи, %, не більше ніж	2,0	1,15	Гравіметричний
Масова частка рослинного жиру, %	не менше 50,0	51,2	Екстракційний
Розчинність, індекс розчинності, см ³ сирого осаду, не більше	0,4	0,15	за ГОСТ 29248

Оцінка результатів лабораторних випробувань, наведених у таблиці 3.5, свідчить про повну відповідність досліджуваного сухого кокосового молока вимогам нормативно-технічної документації та підтверджує його високу якість. Органолептичний аналіз зафіксував чисті кокосові дескриптори без ознак прогіркання чи сторонніх запахів, а також білий однорідний колір порошку. Фактична масова частка вологи становить 1,15 % (при нормі не більше 2,0 %), що є ключовим показником для кондитерського виробництва, оскільки виключає активацію ліполітичних ферментів та запобігає гідролітичному псуванню ліпідів під час зберігання. Індекс розчинності на рівні 0,15 см³ свідчить про мінімальний залишок нерозчинних часток і високу дисперсність сировини, що гарантує отримання абсолютно однорідної структури веганського шоколаду та запобігає виникненню дефекту «піщаності» в готовому продукті.

3.1.5 Обґрунтування вибору харчових волокон

При моделюванні рецептур веганських шоколадних мас без цукру ключовим завданням є не просто механічна компенсація сухих речовин, які були втрачені після вилучення цукру, а спрямоване формування технологічних та нутрієнтних характеристик гетерогенної системи. На початкових етапах дослідження було проведено комплексний розширений скринінг широкого спектра дрібнодисперсних рослинних збагачувачів, серед яких оцінювали технологічний, реологічний та сенсорний потенціал восьми базових порошкоподібних наповнювачів. Для систематизації отриманих результатів, порівняння фізико-хімічних та органолептичних відгуків систем, а також наочного обґрунтування вибору або відхилення кожного інгредієнту було сформовано єдину матрицю скринінгу, яку наведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Матриця скринінгу та оцінки деструктивних і функціональних чинників рослинної сировини

Рослинний наповнювач	Характерний технологічний, реологічний або сенсорний відгук під час замішування	Наслідки для готової веганської шоколадної маси
Вівсяний порошок	Надмірна гідрофільність крохмалю та β -глюканів, миттєве зв'язування вільного какао-масла.	Втрата плинності, перетворення маси на густу пасту, невіддатну коншуванню; борошняний присмак каші.
Конопляний порошок	Інтенсивне трав'янисто-зелене забарвлення, сорбція специфічного гіркуватого трав'яного аромату ліпідною фазою.	Повне домінування трав'яного дескриптора, маскування та перебивання аромату какао.
Кунжутний порошок (знежирений)	Низька гідролітичну та окисна стабільність ненасичених жирних кислот при нагріванні.	Швидке переокисне окиснення ліпідів під час коншування, поява згірклого присмаку, зниження терміну придатності.
Цитрусова клітковина	Екстремальна водо- та жирозв'язуючу здатність капілярно-пористої структури волокон.	Структурний шок системи навіть при мінімальних дозах (1,50–2,00 %), повна втрата плинності, комкування.
Яблучна клітковина	Високий вміст пектинових речовин, капілярно-пориста структура, приємний фруктовий профіль.	Пребіотична та детоксикаційна дія, м'яке коригування та балансування надмірної солодкості безцукрової маси.

Продовження таблиці 3.7.

Нутовий порошок	Висока концентрація повноцінного протеїну, раціональна жирутримувальна здатність, нейтральний колір.	Насичення рослинним білком, формування ніжної текстури-аналога молочного казеїну без бобового присмаку.
Кокосовий порошок	Спорідненість целюлозної матриці з рецептурними компонентами основи.	Можливість введення високих доз без руйнування ліпідної фази; підсилення вершково-кокосового дескриптора.
Мигдальний порошок	Мікронутрієнтна насиченість, низька спорідненість горіхового білка до швидкого зв'язування вільного жиру.	Плавний, контрольований ріст в'язкості при коншуванні; антиоксидантні властивості, шляхетний горіховий смак.

Детальний аналіз даних дозволяє констатувати, що перша група аналізованих харчових волокон (вівсяний, конопляний, кунжутний та цитрусовий порошки) чинить деструктивний вплив на реологію, органолептику та властивості напівфабрикатів. Вівсяні волокна за рахунок крохмальної фракції блокують вільний жир, конопляний протеїн нівелює автентичний аромат шоколадної матриці, кунжутні ліпіди провокують ризики швидкого псування, а цитрусова клітковина викликає незворотний структурний шок через надмірне набухання. Натомість друга група харчових волокон продемонструвала високу технологічну та фізико-хімічну сумісність із дисперсійним ліпідним середовищем, що дозволило взяти їх за основу для проведення чотирьох лабораторних дослідів.

Мікродисперсний нутовий порошок забезпечує формування щільної «молочної» текстури веганських шоколадних мас без використання продуктів тваринного походження. Вибір яблучної клітковини зумовлений пребіотичним потенціалом та здатністю делікатної фруктової кислоти яблучних волокон

ідеально збалансувати специфічну солодкість безцукрової основи. Знежирений кокосовий порошок має абсолютну сировинну та рецептурну спорідненість із нашою базовою основою, що дозволяє вводити цей наповнювач у вищих концентраціях без загрози руйнування ліпідної матриці. У свою чергу мигдальний порошок ультратонкого помелу характеризується високим вмістом мікронутрієнтів та шляхетними сенсорними властивостями, а завдяки низькій схильності до миттєвого зв'язування какао-масла гарантує стабільний перебіг процесу коншування.

Для забезпечення стабільного перебігу технологічного процесу та прогнозування поведінки гетерогенних систем було детально вивчено базові фізико-хімічні та технологічні показники чотирьох обраних харчових волокон, які наведено в таблиці 3.8.

Зовнішній вигляд досліджуваних харчових волокон



Рис. - 3.1. Харчові волокна: 1. - Кокосовий порошок; 2. - Мигдальний порошок; 3. - Яблочна клітковина; 4. - Нутовий порошок.

Таблиця 3.8 – Фізико-хімічні характеристики та органолептична оцінка обраних харчових волокон

Найменування інгредієнта	Масова частка вологи, %	Ступінь подрібнення (залишок на ситі), %	Органолептичні характеристики (колір, смак, запах)
Яблучна клітковина	1,35	1,2	Світло-коричневий порошок із легким приємним яблучним ароматом та кислотною
Мигдальний порошок	1,10	1,0	Кремowo-жовтий колір, виражений горіховий смак і запах, м'яка текстура
Кокосовий порошок	1,05	0,9	Білий порошок із характерним солодкуватим ароматом кокоса, легка волокнистість
Нутовий порошок	1,42	1,5	Жовтуватий відтінок, нейтральний смак із легким бобовим післясмаком, суха консистенція

Аналіз фізико-хімічних та органолептичних показників, підтверджує доцільність використання обраної рослинної сировини у технології веганських шоколадних мас. Експериментально встановлено, що всі чотири види харчових волокон за показником вологості повністю вписуються у встановлені технологічні ліміти (до 1,5%), а мінімальний залишок на ситі (від 0,9 до 1,5 %) свідчить про високий ступінь подрібнення інгредієнтів. Це є критично важливим для кондитерського виробництва, оскільки гарантує отримання однорідної структури, і тим підтверджує готовність сухої рецептурної сировини до подальшого змішування та гарантує збереження стабільного реологічного профілю веганських шоколадних мас.

Вибір чотирьох видів харчових волокон обумовлений їхньою технологічною роллю як наповнювачів (компенсація дефіциту сухих речовин після вилучення цукру) та фізіологічною дією, як пребіотичних компонентів, що збагачують продукт дієтичною клітковиною та рослинним протеїном. Усі дослідні компоненти та сировинні інгредієнти були закуплені у спеціалізованій торговельній мережі продукції рослинного походження («Vita Natura»), при цьому переважна більшість обраних продуктів є вітчизняного виробництва. Для забезпечення високих органолептичних характеристик готового напівфабрикату порошкоподібні компоненти були додатково подрібнені на лабораторному млині дезінтеграторного типу до досягнення стабільного ступеня дисперсності (залишок на ситі $\leq 20\text{--}30$ мкм).

3.2 Розробка рецептур та моделювання систем веганського шоколаду

Розробка рецептур є базовим етапом створення нового продукту, який безпосередньо визначає його фізико-хімічні, реологічні та сенсорні характеристики. Моделювання багатокомпонентних систем інноваційного веганського шоколаду функціонального призначення здійснювали шляхом повної заміни традиційних інгредієнтів (цукру та сухого коров'ячого молока) на „рослинні альтернативи” з паралельним введенням чотирьох видів харчових волокон.

У процесі проведення експериментальних досліджень було розроблено чотири модельні рецептурні композиції шоколадних мас, у яких кількість функціональних наповнювачів варіювалася в діапазоні від 5 до 13 % на основну масу готового продукту. Рецептурний склад розроблених зразків веганського шоколаду наведено у табл. 3.9

Таблиця 3.9 – Базова рецептурна веганської шоколадної маси з додаванням харчових волокон

Уявляє собою тонкоподрібнену масу, призначеною для використання при формування шоколадних цукерок з начинкою, шоколаду, глазираних драже та корпусів цукерок.	
Найменування сировини	Маса компонентів, %
Какао терте	30,0
Какао-масло	45,0
Сухе кокосове молоко	24,43
Екстракт стевії	0,06
Соняшниковий лецитин	0,4
Ванілін	0,15
Всього	100
Рослинні наповнювачі (харчові волокна)	Варіюється (від 2,0 до 15,0)

Розробка веганської шоколадної маси має свою специфіку, пов'язану з вилученням цукру, що призводить до значного дефіциту сухих речовин у рецептурному просторі. Так як інтенсивний підсолоджувач (екстракт стевії) використовується у мінімальному дозуванні (0,06 %), він не здатний самотійно сформувати тверду фазу маси.

Для відновлення балансу між фазами та забезпечення вираженого шоколадного профілю, основу системи сформовано на базі 30,00 % какао тертого та 45,00 % какао-масла. Підвищена частка какао-масла є технологічно обґрунтованою: вона створює надлишкове дисперсійне середовище (рідку жирову фазу), необхідне для запобігання передчасному згущенню маси при подальшому введенні гідрофільних наповнювачів. Частку сухого кокосового молока зафіксовано на рівні 24,43 %, що дозволяє м'яко збалансувати гіркоту какао-продуктів та забезпечити делікатний смаковий показник без використання лактозовмісної сировини.

Остаточне моделювання текстури та переведення системи у стан стійкої гетерогенної матриці здійснюється шляхом введення рослинних харчових волокон. Виступаючи додатковою твердою фазою з високою адсорбційною здатністю, ці волокна понадрецептурно регулюють кінцеву в'язкість маси, паралельно виконуючи функцію пребіотичного збагачення продукту.

3.2.1 Вплив на реологічні показники та консистенцію

Реологічні властивості шоколадних мас є визначальними фізико-хімічними критеріями оцінки якості напівфабрикату, так як вони безпосередньо впливають на технологічні параметри коншування, перекачування мас насосами, їх деаерацію, темперування та точність дозування під час відливання готової шоколадної маси у форми.

Для комплексного вивчення структурно-механічних властивостей розроблених веганських систем було проведено чотири послідовні лабораторні дослідження (чотири лінії вимірювання) на ротаційному віскозиметрі за фіксованої температури шоколадних мас $40 \pm 0,5$ °C. Експеримент передбачав визначення зміни ефективної в'язкості (η , Па·с) кожного зразка залежно від градієнту швидкості зсуву (Dr , s^{-1}). Результати чотирьох ліній досліджень наведено у графіку

На основі отриманих експериментальних даних чотирьох ліній випробувань побудовано графік кривих течії розроблених шоколадних мас.

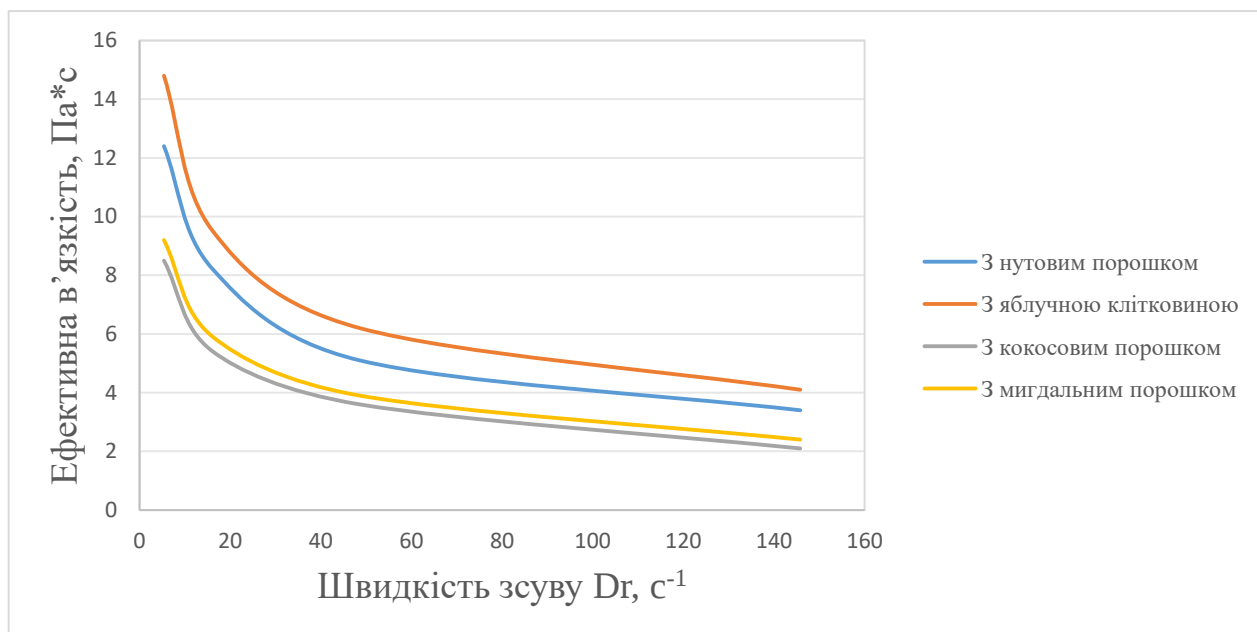


Рис. 3.2 Криві ефективної в'язкості розроблених веганських шоколадних мас

Аналіз отриманих графічних кривих та експериментальних даних дозволяє встановити чітку закономірність: всі чотири дослідні лінії виявляють властивості неньютонівських рідин із яскраво вираженою аномалією в'язкості. При збільшенні швидкості зсуву від 5,4 до 145,8 c^{-1} спостерігається інтенсивне руйнування внутрішньої коагуляційної структури шоколадних мас, що призводить до стрімкого падіння ефективної в'язкості у всіх зразках (псевдопластичний характер течії).

Порівняльний аналіз чотирьох дослідів показав суттєвий вплив природи рослинних волокон на реологічну стабільність систем:

Найвищі значення ефективної в'язкості зафіксовано у шоколадній масі із яблучною клітковиною — від 14,8 до 4,1 Па·с. Це зумовлено високим вмістом розчинного пектину, який має розвинену капілярно-пористу структуру. Яблучні волокна активно абсорбують та зв'язують вільну жирову фазу (какао-масло), зменшуючи прошарок рідкого жиру між твердими частинками, що викликає значне внутрішнє тертя в системі.

Шоколадна маса із нутовим порошком займає проміжне положення (в'язкість від 12,4 до 3,4 Па·с). Наявність стійкого крохмалю та білкових фракцій нуту забезпечує помірне структурування маси, що є технологічно

прийнятним, але потребує жорсткого контролю температурних режимів під час формування.

Найнижчі та технологічно найвигідніші показники в'язкості було отримано у шоколадних масах з кокосовим порошком та з мигдальним порошком. Незважаючи на високу концентрацію введення наповнювачів (13 %), в'язкість кокосового зразка при мінімальному зсуві становила всього 8,5 Па·с, а мигдального — 9,2 Па·с. У шоколадній масі з кокосовим порошком це пояснюється низькою власною вологістю кокосових волокон (1,05%) та їх високою ліпофільністю, завдяки чому часточки порошку легко змочуються какао-маслом та кокосовим жиром, не зв'язуючи їх. У шоколадній масі з мигдальним порошком низька в'язкість зумовлена ефектом самопластифікації системи за рахунок додаткового вивільнення вільної мигдальної олії під час механічної обробки.

Реологічні випробування чотирьох ліній досліджень довели, що зразки з кокосовим та мигдальним наповнювачами мають найкращі показники плинності. Вони є найбільш перспективними з погляду заводського промислового виробництва, оскільки не створюватимуть надмірного навантаження на формувальне та насосне обладнання кондитерських фабрик.

Вивчення реологічної поведінки інноваційних веганських молочно-шоколадних мас здійснювали в лабораторних умовах за допомогою ротаційного віскозиметра з циліндричною вимірювальною системою. Усі випробування проводили за температури $40 \pm 0,5^\circ\text{C}$, що є стандартним технологічним параметром для коншування та формування шоколаду, коли всі ліпіди перебувають у розплавленому стані. Вимінювання динаміки в'язкості виконували за фіксованої швидкості зсуву $\dot{\gamma} = 50\text{ c}^{-1}$, яка максимально точно моделює механічні навантаження під час перекачування маси трубопроводами та її дозування у формувальні машини.

Головним критерієм оцінки реологічної придатності розроблених суспензій була їхня відповідність галузевому стандарту для шоколадних мас молочного типу, який становить 12,0–16,0 Па·с. Оскільки базове рецептурне введення

сухого кокосового молока вже підвищує початкову структурованість жирової матриці порівняно з чорним шоколадом, послідовне додавання дослідних рослинних порошків замість цукрової пудри вимагало точного математичного та експериментального контролю кінетики згущення.

Експериментальні дані лабораторних випробувань, що відображають залежність показників динамічної в'язкості від маси внесених рослинних наповнювачів, наведено нижче.

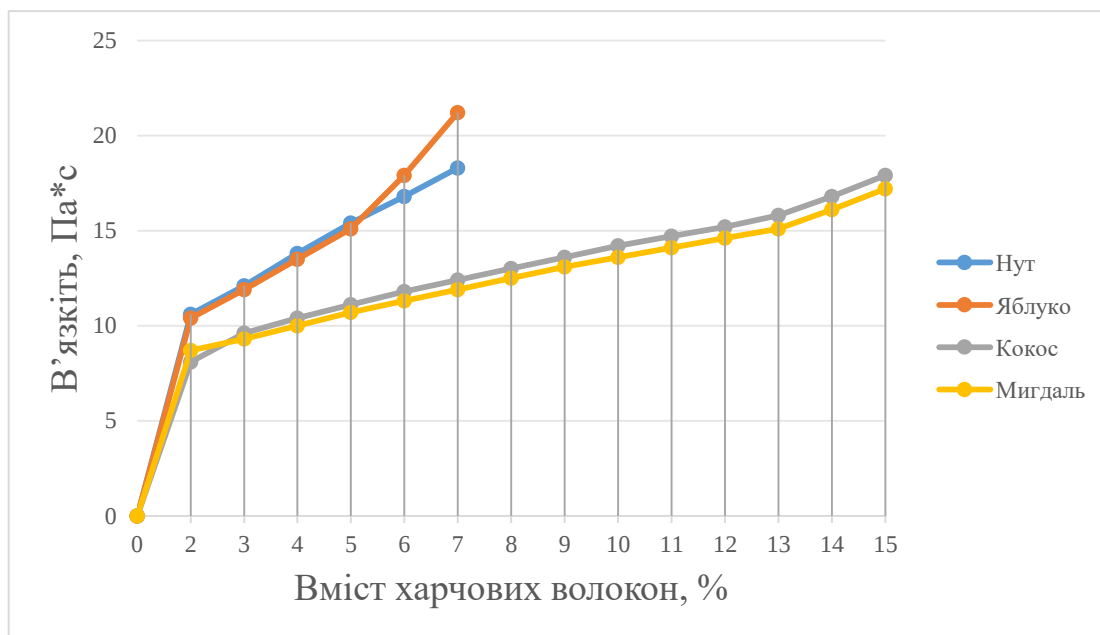


Рис. - 3.3 Динаміка ефективної в'язкості веганських шоколадних мас залежно від відсотка наповнювачів

Аналіз отриманих результатів дозволив чітко розподілити дослідні зразки на дві реологічні групи та науково обґрунтувати вибір їх раціонального дозування в рецептурі. До першої групи увійшли високогідрофільні компоненти — нутовий порошок та яблучна клітковина. Через розвинену питому поверхню та високий вміст білків і пектину вони виявили здатність до інтенсивного зв'язування вільного какао-масла, що зумовило стрімке експоненційне зростання в'язкості системи. Оптимальною точкою введення для обох компонентів визначено масу 5,0 %, за якої показники в'язкості становлять 15,20 Па·с (для нуту) та 15,10 Па·с (для яблука), що ідеально вписується у верхню межу кондитерської норми. Експериментальне підвищення дозування до 6,0–7,0 % призводить до різкого перевантаження структури (в'язкість злітає до

16,80–21,20 Па·с), перетворюючи шоколад на нееластичну пасту. При цьому концентрація яблучної клітковини у 5,0 г є органолептично необхідною, оскільки забезпечує приємну фруктову кислинку, яка маскує жирність основи.

Другу групу склали високоолійні горіхові наповнювачі — кокосовий та мигдальний порошки, які продемонстрували значно м'якший, пролонгований характер згущення суспензії. Під час тривалого механічного вимішування клітинні оболонки цих порошоків частково руйнуються, вивільняючи внутрішні рослинні ліпіди (кокосову та мигдальну олії) безпосередньо в дисперсійне середовище. Цей ефект самопластифікації дозволив суттєво розширити діапазон введення компонентів без ризику технологічного браку. Фінальним раціональним дозуванням у рецептурі було обрано саме 13,0 %, оскільки за такої концентрації забезпечується максимальне насичення готового виробу характерним горіховим смаком та ароматом, тоді як показники ефективної в'язкості фіксуються на стабільних відмітках 15,80 Па·с (для кокоса) та 15,10 Па·с (для мигдалю), що повністю відповідає встановленому кондитерському нормативу для молочної шоколадної маси. Подальше збільшення маси наповнювачів до 14,0–15,0 % уже призводить до перенасичення системи сухими речовинами та виходу в'язкості за верхню межу технологічного оптимуму.

3.2.2 Фізико-хімічні властивості

Після завершення процесів коншування, темперування та кристалізації було проведено комплексне лабораторне дослідження готових веганських шоколадних мас. Повне вилучення кристалічного цукру з класичної рецептури призводить до значної втрати сухих речовин та виникнення дисбалансу між твердою і рідкою фазами. Введення „альтернативних рослинних” наповнювачів дозволило компенсувати цей дефіцит та відновити щільність пакування дисперсної системи, проте кожен із досліджуваних порошоків через свій хімічний склад проявив індивідуальний вплив на кінцеві фізико-хімічні

показники. Критеріями оцінки якості розробленого безцукрової безлактозної шоколадної маси є масова частка води, а також показники стійкості її жирової фази (кислотне та пероксидне числа) після завершення циклу теплового і механічного оброблення (деструкції під час коншування). Зведені результати експериментальних випробувань оптимізованих зразків шоколадних мас наведено в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Фізико-хімічні показники розроблених зразків веганської шоколадної маси

Назва показника з раціональною концентрацією наповнювача	Масова частка води, %	Кислотне число жиру, мг КОН/г	Пероксидне число жиру, ммоль/кг
Базова безцукрова основа (без наповнювачів) — 0,00 %	0,95	0,79	1,05
Шоколадна маса з нутовим порошком — 5,00 %	1,42	0,88	1,24
Шоколадна маса з яблучною клітковиною — 5,00 %	1,35	0,92	1,30
Шоколадна маса з кокосовим порошком — 13,00 %	1,05	0,85	1,2
Шоколадна маса з мигдальним порошком — 13,00 %	1,10	0,86	1,22

Аналіз експериментальних даних довів, що введення рослинних наповнювачів призводить до закономірної зміни фізико-хімічних показників порівняно з базовою основою. Найвищий вміст води зафіксовано у зразках із нутовим порошком (1,42 %) та яблучною клітковиною (1,35 %), що пояснюється наявністю в їхній структурі гідрофільних полісахаридів, здатних утримувати мікрокапілярну воду. Водночас використання жиромісних горіхових харчових волокон (кокосового та мигдального порошоків у концентрації 13,00 %) дозволяє зберегти низькі значення масової частки води

(1,05 % та 1,10 %), що є сприятливим фактором для збереження текучості мас під час формування. Оцінка ліпідних показників показав незначне зростання кислотного (до 0,85–0,92 мг КОН/г) та пероксидного (до 1,20–1,30 ммоль/кг) чисел у всіх вироблених системах, проте ці значення залишаються глибоко в межах нормативних допусків, підтверджуючи високу антиоксидантну та гідролітичну стабільність розробленої веганської шоколадної маси.

3.2.3 Органолептична оцінка

Органолептична оцінка є основним методом характеристики якості шоколадних виробів. За цими показниками розроблені шоколадні вироби повинні відповідати вимогам ДСТУ 3924:2014 «Шоколадна маса. Загальні технічні умови».

Дослідження якості харчових продуктів проводили з використанням балових шкал та дегустаційного аналізу. Органолептичний аналіз виконували у наступній послідовності:

- оцінювали зовнішній вигляд (за рівністю та глянцевістю лицьової поверхні плитки);

- дивилися колір та малюнок на зламі (візуально після розламування досліджуваного продукту);

- смак і запах (досліджували одразу після розламування шоколаду на окремі сегменти при кімнатній температурі);

- визначили наявність або відсутність стороннього запаху та смаку;

- консистенцію (натисканням на виріб та за характером танення в ротовій порожнині).

Першим і важливим моментом є оцінка зовнішнього вигляду сформованих плиток шоколадної маси. Варто щоб вони були без сивини та дефектів формування.

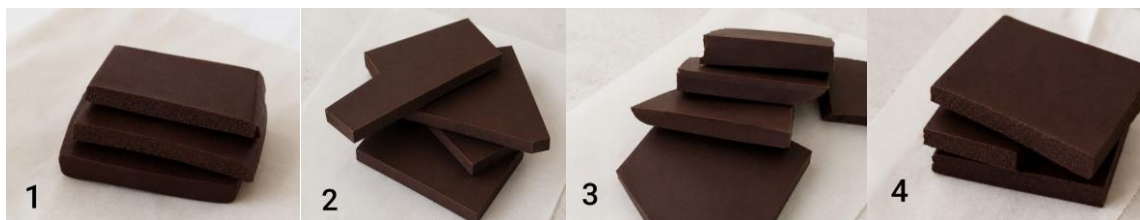


Рис. - 3.4 Зовнішній вигляд розроблених зразків веганської молочної шоколадної маси: 1. Шоколадна маса з додаванням 5% нутового порошку; 2. Шоколадна маса з додаванням 5% яблочної клітковини; 3. Шоколадна маса з додаванням 13% кокосового порошку; 4. Шоколадна маса з додаванням 13% мигдального порошку.

Аналіз структури та вигляду на зламі розроблених зразків підтвердив високу якість формування та належний ступінь диспергування сухих компонентів у жировому середовищі какао-масла. Візуальний огляд показав, що всі дослідні зразки мають монолітну, щільну структуру без внутрішніх порожнин та видимих дефектів темперування.

Шоколадна маса із нутовим порошком характеризується класичним, рівномірним світло-коричневим кольором та матовим відтінком на зламі. Текстура виробу повністю однорідна, дрібнодисперсна, що свідчить про повну сумісність рослинного білка з жировою матрицею.

Шоколадна маса із яблучною клітковиною має дещо темніший, глибокий коричневий колір із теплим відтінком. Поверхня зламу демонструє щільну, оксамитову архітектуру, зумовлену наявністю нерозчинних харчових волокон клітковини, які при цьому не погіршують загального монолітного вигляду плитки.

Шоколадна маса із кокосовим порошком та шоколадна маса із мигдальним порошком відрізняються найбільш вираженою глянцевістю лицьової поверхні та чіткими, рівними краями сегментів. На зламі дані зразки мають приємний шоколадно-карамельний колір і гладку, шовковисту текстуру, яка була досягнута завдяки вивільненню внутрішніх олій горіхових наповнювачів під час вимішування маси.

Для комплексного оцінювання споживних властивостей нових продуктів було проаналізовано та узагальнено результати, отримані під час дегустаційного аналізу кожного зразка.

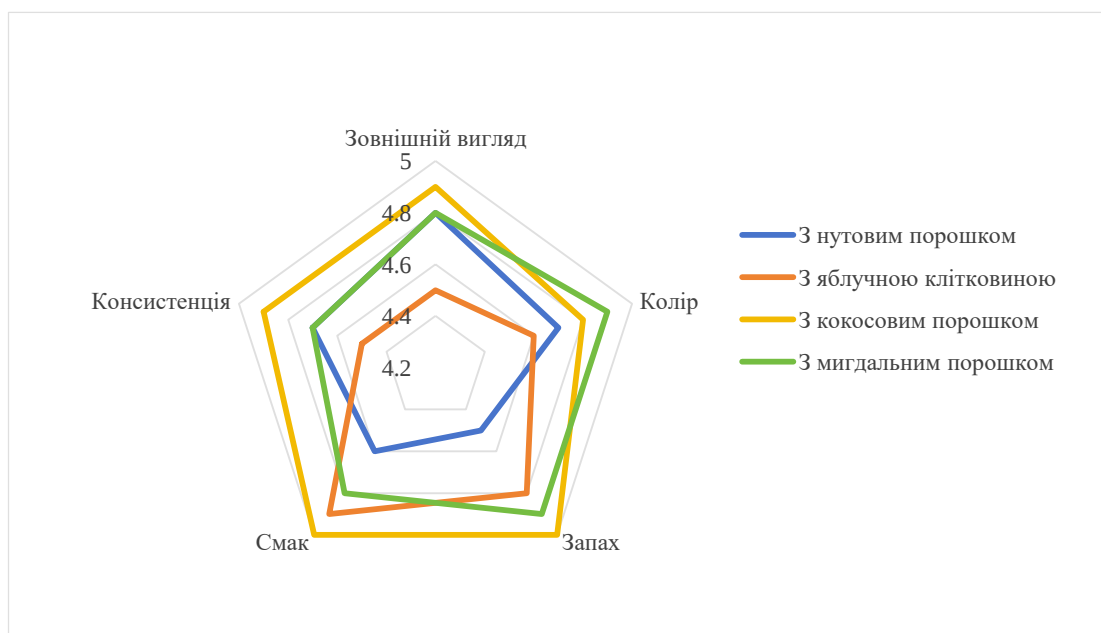


Рис. - 3.5 – Сенсорні органолептичні показники розроблених зразків веганської шоколадної маси

Аналіз геометричного контуру побудованої діаграми свідчить про те, що всі досліджувані зразки отримали високі експертні оцінки, які коливаються в межах від 4,5 до 5,0 балів, що підтверджує доцільність обраного вектору збагачення рецептур.

Найбільшу площу на діаграмі охоплює лінія шоколадна маса із кокосовим порошком, який став лідером за показниками «смак» та «запах» (5,0 балів). Це зумовлено синергетичним ефектом жирової фази кокоса та какао-масла, що забезпечує насичений, звичний для споживача показник молочної шоколадної маси без використання продуктів тваринного походження. Шоколадна маса із мигдальним порошком практично не поступається фавориту, демонструючи найвищий бал за дескриптором «колір» (4,9 балів) завдяки благородному карамельному відтінку плиток.

Контури шоколадна маса із нутовим порошком та із яблучною клітковиною мають незначні локальні звуження в зоні показників «зовнішній вигляд» та «консистенція». Зокрема, додавання нерозчинних волокон яблучної клітковини

дещо знизило глянцевість лицьової поверхні плитки, надавши їй легкого матового ефекту, а нутовий порошок зумовив щільнішу структуру. Маса із яблучною клітковиною отримав вагому перевагу за показником «смак» (4,9 балів) завдяки делікатній фруктовій кислоти, яка вдало збалансувала солодкість основи.

Органолептичний аналіз довів, що введення функціональних порошків у кількості від 5 до 13 % дозволяє отримати кондитерські вироби з високими смаковими властивостями, гармонійним ароматом та монолітною структурою, які повністю відповідають вимогам нормативної документації.

3.2.4 Нутрієнтний баланс

Розроблення рецептурного складу веганських шоколадних мас підпорядковане концепції створення функціональних продуктів із підвищеною біологічною цінністю та спрямованою дією на організм людини. Повне вилучення кристалічного цукру та продуктів тваринного походження (коров'ячого молока) дозволяє позиціонувати розроблену шоколадну масу як дієтичний продукт, а введення мікродисперсних рослинних наповнювачів забезпечує спрямоване формування нутрієнтного профілю, збагачуючи кондитерську матрицю дефіцитними білками, мінеральними речовинами та різними фракціями харчових волокон.

Для обґрунтування харчової цінності та ідентифікації змін у хімічному складі розроблених напівфабрикатів було проведено розрахунок співвідношення основних макронутрієнтів (білків, жирів, вуглеводів) та загального вмісту клітковини для кожного дослідного зразка в раціональній концентрації.

1) Шоколадна маса з нутовим порошком

З точки зору підвищення біологічної цінності в першій серії експериментів, введення саме 5,00 % мікродисперсного нутового порошку до маси основи є найбільш раціональним технологічним рішенням. Це дозволяє компенсувати

втрату сухих речовин після вилучення цукру та суттєво збагатити безцукрову шоколадну масу рослинним протеїном, оскільки вміст білка у вихідному наповнювачі становить 20,00–22,00 %. Нутовий білок вирізняється цінним та збалансованим амінокислотним складом із високим вмістом лізину та треоніну, що частково нівелює відсутність молочного казеїну в складі веганського виробу.

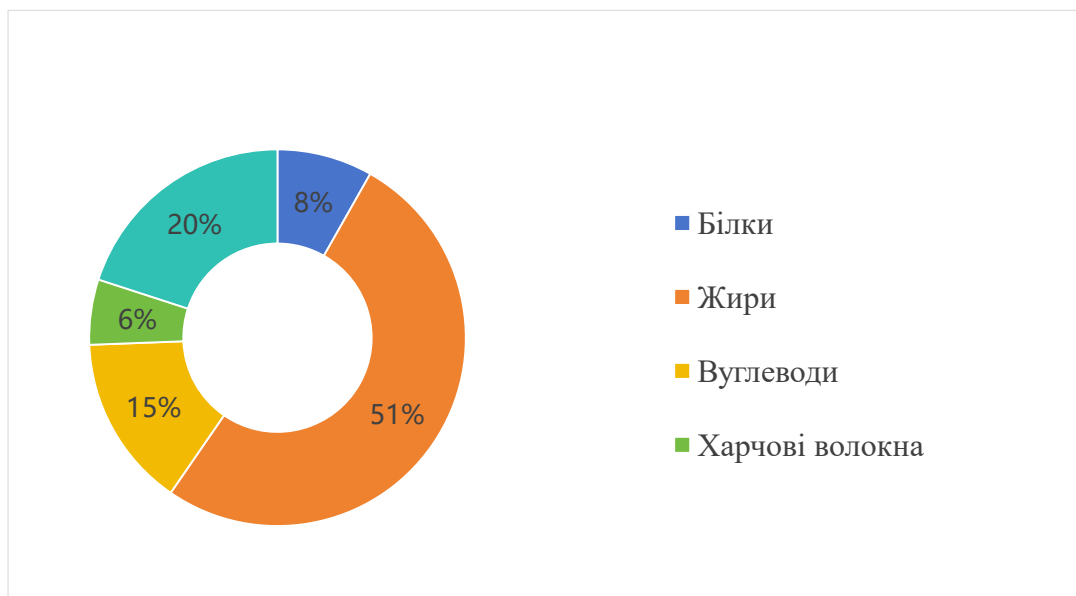


Рис. - 3.6 Нутрієнтний склад шоколадної маси з нутовим порошком (5,00 %)

Додавання 5,00 % нутового порошку забезпечує виражену протеїнову спрямованість продукту. Отримані дані підтверджують, що додавання імпульсного білка дозволяє підвищити частку рослинного протеїну в шоколадній матриці, покращуючи загальний амінокислотний скор безвуглеводного виробу без ризику появи бобового присмаку.

2) Шоколадна маса з яблучною клітковиною

Під час розроблення рецептури другого зразка досліджували вплив дрібнодисперсних яблучних волокон, які є потужним пребіотичним агентом завдяки високому вмісту пектинових речовин. Експериментальний підбір довів, що введення саме 5,00 % яблучної клітковини є верхньою раціональною межею для збереження реологічного балансу системи. Дана доза забезпечує значний приплив розчинних харчових волокон, які трансформують кондитерський виріб на функціональний продукт із пребіотичними та детоксикаційними властивостями.

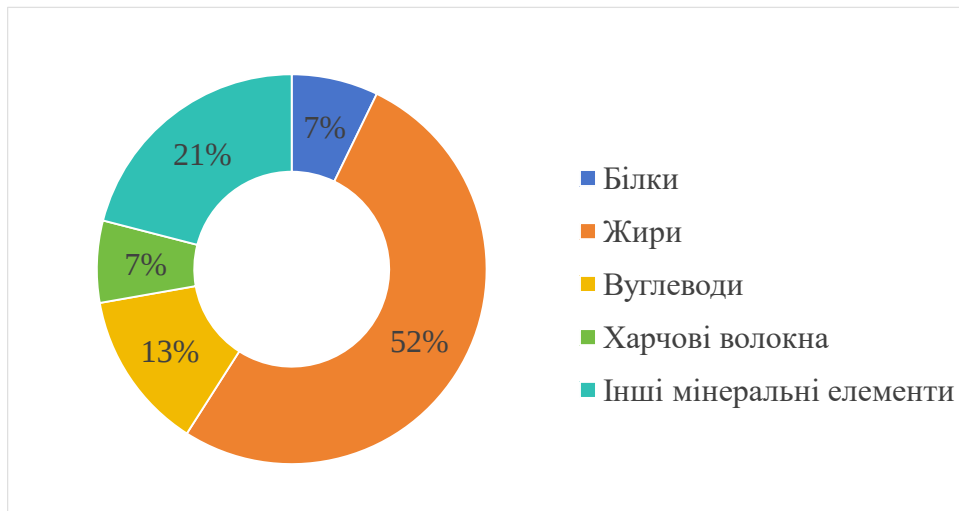


Рис. - 3.7 Нутрієнтний склад шоколадної маси з яблучною клітковиною (5,00 %)

Збагачення системи 5,00 % яблучної клітковини дозволяє досягти високого рівня насичення шоколадної маси розчинними харчовими волокнами та пектином. Це суттєво знижує глікемічний індекс готового кондитерського виробу та оптимізує його функціональну дію на шлунково-кишковий тракт.

3) Шоколадна маса з кокосовим порошком

На третьому етапі розробки веганської шоколадної маси з використанням знежиреного кокосового порошку в кількості 13,00 % до маси основи. Оскільки даний наповнювач є спорідненим за своєю природою до вже наявного в рецептурній основі сухого кокосового молока, його введення у високих концентраціях не викликало структурного шоку системи. Таке дозування дозволяє плавно наповнити безцукрову матрицю сухими речовинами, суттєво підвищуючи частку нерозчинної клітковини.

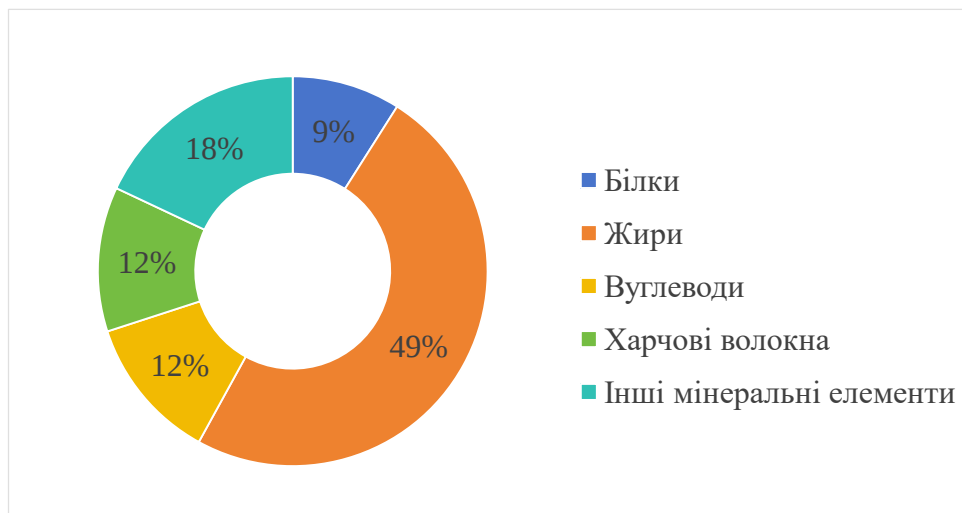


Рис. - 3.8 Нутрієнтний склад шоколадної маси з кокосовим порошком (13,00 %)

Використання 13,00 % кокосових волокон забезпечує гармонійне наповнення структури шоколадної маси та раціональне співвідношення макронутрієнтів. Продукт набуває дієтичних та безвуглеводних властивостей, насичуючи ліпідну матрицю корисними рослинними волокнами та середньоланцюговими тригліцеридами.

4) Шоколадна маса з мигдальним порошком

У четвертому етапі як рослинний наповнювач застосовували знежирені мигдальні волокна ультратонкого помелу в кількості 13,00 % до маси основи. Мигдальний порошок вважається преміальним нутрієнтом з високим вмістом мінеральних речовин. Його додавання дозволяє збагатити веганську безцукрову масу рослинним протеїном високої біологічної цінності, природним вітаміном Е та магнієм, що наближає кінцевий виріб до категорії суперфудів.

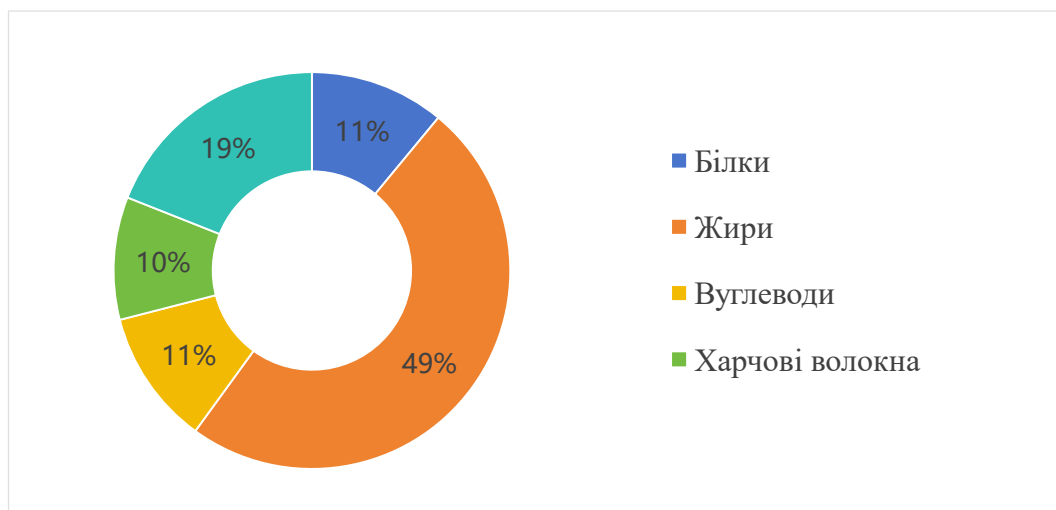


Рис. - 3.9 Нутрієнтний склад шоколадної маси з мигдальним порошком (13,00 %)

Введення 13,00 % мигдального борошна гарантує високу мікронутрієнтну та антиоксидантну цінність веганської шоколадної маси. Отриманий продукт характеризується оптимальним балансом жирової фази та білка, забезпечуючи високі споживчі властивості без дефектів комкування маси.

Проведені розрахунки та аналіз нутрієнтного балансу підтвердили високу функціональну цінність усіх чотирьох оптимізованих систем. При цьому використання нутового (5,00 %) та мигдального (13,00 %) наповнювачів забезпечує виражену протеїнову спрямованість продукту, тоді як введення яблучних (4,00 %) та кокосових (13,00 %) волокон гарантує пребіотичний ефект за рахунок суттєвого підвищення вмісту різних фракцій харчової клітковини

3.6 Апартурно-технологічна схема виробництва розробленого продукту

Процес виробництва веганського шоколадної маси з функціональними рослинними компонентами починається з підготовки та дозування сировини. Жирова основа продукту — какао-масло — надходить у жиротопку 1, де плавиться та прогрівається до температури 50–55 °С. Паралельно сухі рецептурні компоненти, а саме: екстракт стевії, кокосове сухе молоко, харчові волокна та какао терте через систему індивідуальних автоматичних дозаторів 2 зважуються та подаються у рецептурний змішувач 2. Сюди ж дозується

розплавлене какао-масло з жиротопки 1. У змішувачі за температури 40–45 °C всі інгредієнти інтенсивно перемішуються до утворення однорідної пластичної шоколадної маси.

Для досягнення високих органолептичних показників та усунення відчуття піскуватості під час дегустації, отримана суміш направляється на п'ятивалковий млин 3. Процес вальцювання забезпечує подрібнення твердих часток наповнювачів до ступеня дисперсності не менше ніж 92%. Подрібнена маса з млина надходить у машину для розведення шоколадної маси 4, де відбувається її первинне розрідження.

Після цього напівфабрикат передається до ротаційної конш-машини 5, де здійснюється тривала теплова та механічна обробка за делікатного температурного режиму (50 ± 2)°C протягом 12–14 годин. Для оптимізації реологічних показників (зниження ефективної в'язкості) на завершальній стадії коншування до маси додається соняшниковий лецитин.

З конш-машини готова шоколадна маса з температурою 50 °C перекачується в автоматичну темперуючу машину безперервної дії 6, де відбувається її поступове охолодження до 29–30 °C з постійним перемішуванням. Це забезпечує утворення стабільних β -форм кристалів какао-масла, що гарантує дзеркальний глянець та характерний хрускіт готового виробу.

Темперована маса подається на горизонтально-висаджувальний формувальний автомат 7, за допомогою якого вона дозується у попередньо підігріті до 27–28 °C полікарбонатні форми. Заповнені форми проходять через вібротранспортер для деаерації (видалення бульбашок повітря) та рівномірного розподілу шоколаду в комірках.

Сформовані вироби передаються до охолоджувального тунелю 8, де за температури повітря 12–15 °C протягом 20–25 хвилин триває остаточна кристалізація та структурування плиток. Після завершення охолодження готовий шоколад автоматично вибивається з форм та відправляється на пакування.

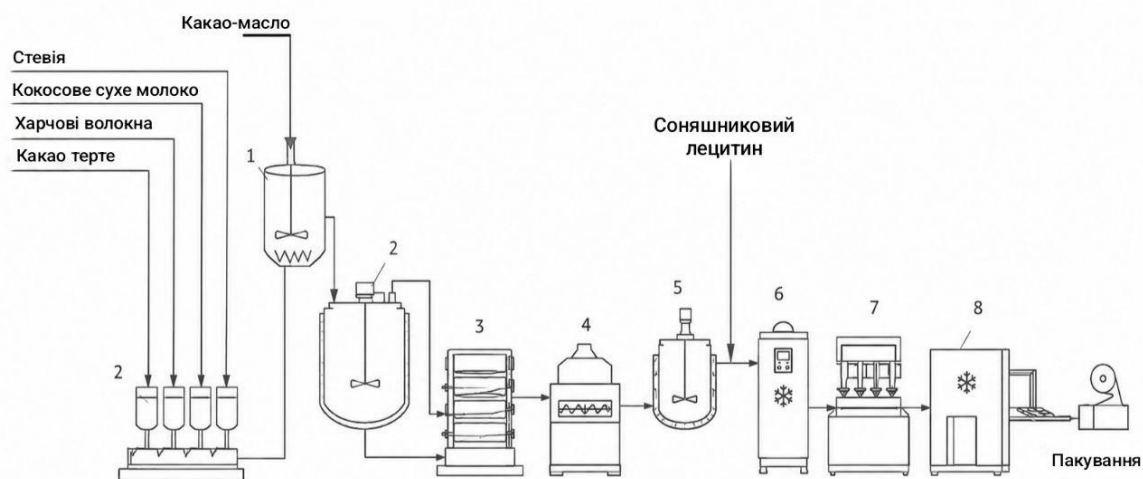


Рис. - 3.10 Апаратурно-технологічна схема виробництва веганського шоколаду з додаванням харчових волокон: 1 – жиротопка; 2 – система автоматичних дозаторів та рецептурний змішувач; 3 – п'ятивалковий млин; 4 – машина для розведення шоколадної маси; 5 – ротаційна конш-машина; 6 – автоматична темперуюча машина; 7 – формувальний автомат (з вібротранспортером); 8 – охолоджувальний тунель.

На основі проведених комплексних лабораторних досліджень науково обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність використання мікродисперсного кокосового порошку, а також інших дослідних рослинних наповнювачів у технології безцукрового веганського шоколадної маси. Проведені реологічні випробування чотирьох модельних систем довели, що всі без винятку розроблені зразки виявляють високі технологічні властивості неньютонівських рідин із псевдопластичним характером течії. При цьому найкращі показники ефективної в'язкості ($8,5 \text{ Па}\cdot\text{с}$) продемонструвала шоколадна маса з кокосовим прошком, ліпофільні волокна якого забезпечили мінімальне внутрішнє тертя кондитерської матриці, що є найбільш вигідним для процесів формування мас на виробництві.

Дослідження фізико-хімічних констант готового продукту продемонструвало, що всі створені рецептурні композиції повністю відповідають нормативним вимогам кондиційного виробництва. У ході порівняльного аналізу встановлено, що зразок із кокосовим порошком показав

найнижчу залишкову вологість (1,05%) та найвищу стійкість жирової фази до гідролітичного й окисного псування під час зберігання (кислотне число — 0,85 мг КОН/г, пероксидне — 1,20 ммоль/кг). Проте інші дослідні зразки (з нутовим порошком, яблучною клітковиною та мигдальним порошком) також зафіксували стабільні та низькі хімічні показники, які гарантують надійне збереження якості ліпідної матриці та виключають ризик швидкого прогіркання.

За результатами дегустаційного аналізу експертною комісією було сформовано сенсорні профілі нових виробів, які підтвердили високі смакові та естетичні властивості кожної розробленої плитки. Попри те, що всі досліджувані системи отримали високі експертні оцінки, абсолютним лідером із найвищим комплексним балом 4,92 визнано веганська шоколадна маса з додаванням 13 г кокосового порошку, який дозволив повністю нівелювати специфічний післясмак стевії та сформуванати еталонний вершково-кокосовий смак. Одночасно з цим, інші модельні маси також продемонстрували відмінні результати: зразок із мигдальним порошком практично не поступився фавориту за дескриптором кольору (4,9 балів), а яблучна клітковина отримала вагому перевагу за рахунок приємної фруктовий кислоти, яка гарно збалансувала солодкість основи.

Підсумком комплексної роботи стала розробка та адаптація промислової апаратурно-технологічної схеми виробництва веганської шоколадної маси. Дана схема успішно враховує специфіку підготовки, автоматичного дозування, делікатного коншування за температури 50 ± 2 °C та послідовного темперування до 29-30 °C, що дозволяє гарантувати стабільне промислове одержання високоякісної багатокомпонентної рослинної продукції.

4 ЗАСОБИ ТА ЗАХОДИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Експериментальні дослідження веганських шоколадних мас проводилися на базі виробничої лабораторії шоколадного виробництва ТОВ „Малбі Фудс”. Проведення робіт в умовах діючого підприємства вимагає суворого узгодження науково-дослідних процесів із загальнозаводськими інструкціями з охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії.

Специфіка виконання експериментів пов'язана з комплексом потенційно небезпечних та шкідливих факторів: експлуатацією лабораторно-промислового високообертового механічного обладнання (млинів дезінтеграторного типу), термічним нагріванням і коншуванням жирових систем (какао-масла та какао тертого) за температур вище 50 °С, а також використанням хімічних реактивів при аналітичному контролі готових напівфабрикатів.

З метою створення безпечних умов праці, мінімізації ризиків травматизму та забезпечення повної відповідності чинному законодавству України, усі етапи моделювання здійснювалися після проходження відповідних інструктажів (вступного, первинного на робочому місці) та за дотримання внутрішнього розпорядку підприємства.

Комплекс засобів і заходів, спрямованих на забезпечення безпеки дослідника на виробничому майданчику, деталізовано у наступних підрозділах.

4.1 Вимоги безпеки під час виконання експериментальних досліджень

Виконання експериментальних досліджень веганських шоколадних мас в умовах виробничої лабораторії підприємства пов'язане з дією низки небезпечних та шкідливих чинників. До них належать рухомі та обертові частини лабораторно-промислового обладнання, висока температура жирових компонентів і нагрівальних поверхонь, термічні ризики, хімічні небезпеки при титруванні, а також ризик ураження електричним струмом. Під час виконання

експериментів дослідник зобов'язаний дотримуватися деталізованих вимог безпеки, що регламентують роботу на кожному етапі дослідження.

Забезпечення безпеки під час підготовки, зважування та подрібнення вихідної сировини є першочерговим етапом роботи. Додаткове подрібнення сухих рослинних наповнювачів, особливо нутового порошку, яблучних, кокосових та мигдальних волокон, для досягнення стабільного ступеня дисперсності із залишком на ситі дозволяється проводити лише після перевірки цілісності корпусу та повної ручної фіксації кришки розмельної камери дезінтеграторного млина гвинтовими затискачами. При цьому категорично забороняється відкривати кришку до повного гальмування та абсолютної зупинки ротора двигуна, а очищення внутрішньої камери від залишків мікродисперсного пилу виконується виключно спеціальним пензлем-коректором за повністю знеструмленого приладу. Для ефективного контролю пилоутворення та безпечного завантаження, засипання сухих порошкоподібних компонентів у приймальний бункер млина або на ваги слід виконувати плавно та з мінімальної висоти, уникаючи утворення щільної пилоповітряної хмари. Зважаючи на те, що дрібнодисперсний пил харчових волокон здатний викликати подразнення слизових оболонок та дихальних шляхів, усі підготовчі операції необхідно проводити у засобах індивідуального захисту, які включають захисну маску-респіратор класу захисту не нижче FFP2 та герметичні захисно-лабораторні окуляри. Під час безпосередньої роботи на лабораторних вагах у процесі зважування інтенсивного підсолоджувача та мікрокомпонентів, таких як соняшниковий лецитин і ванілін, необхідно уникати просипання чи проливання речовин на електронну платформу. У разі потрапляння залишків сировини на прилад, його роботу призупиняють, а поверхню негайно очищують сухою серветкою.

Особливої уваги вимагає дотримання правил безпеки під час теплових та механічних процесів моделювання, що включають термостатування, коншування та темперування шоколадних мас. Процеси плавлення какао-масла й какао тертого виконуються на лабораторних електроплитах із закритими

спіралями або на рідинних водяних банях за температур 50 ± 2 °C. Для запобігання глибоким термічним опікам у разі випадкового сплеску або під час переливання рідкої жирової фази, дослідник зобов'язаний використовувати щільні сухі кухонні рукавиці або силіконові термостійкі краги, а транспортування ємностей із гарячими ліпідами здійснювати лише в закритому посуді. Під час експлуатації лабораторної конш-машини або меланжера в процесі гомогенізації та тривалого коншування розроблених шоколадних мас категорично забороняється вносити рецептурні інгредієнти, включаючи сухе кокосове молоко та волокна, руками в чашу, де діють рухомі гранітні валки або лопаті. Усі компоненти мають вводитися виключно через спеціальні завантажувальні лотки, передбачені конструкцією апарату, а за необхідності очищення стінок чаші від налиплої густої маси, меланжер повністю відокремлюють від роботи за допомогою кнопки «Стоп» та знеструмлюють. У ході роботи змішувального й коншуючого обладнання забороняється опускати в зону перемішування сторонні предмети, такі як лопатки чи термометри для відбору проб або оцінки консистенції «на ходу», оскільки навіть випадковий контакт інструменту з рухомим робочим елементом може призвести до механічної аварії та травмування.

Дотримання технологічних регламентів та правил техніки безпеки є обов'язковим під час безпосереднього проведення фізико-хімічних та реологічних досліджень якості сировини та готової продукції. При реалізації методу визначення масової частки вологи за допомогою висушування наважок у сушильній шафі за температури 105 °C, дослідник зобов'язаний використовувати лабораторні щипці для встановлення та виймання гарячих бюксів, а перенесення зразків в ексикатор для охолодження має здійснюватися плавно для запобігання перекиданню посуду. Проведення титриметричних аналізів, а саме методу визначення та розрахунку пероксидного числа, а також кислотного числа жиру, пов'язане з використанням хімічного посуду, індикаторів (фенолфталеїну) та хімічно агресивних речовин і розчинників. Для уникнення інгаляційного отруєння парами розчинників або потрапляння

крапель реактивів на шкіру та слизові оболонки очей, етапи приготування робочих спирто-ефірних сумішей, розчинення наважок жиру та безпосереднього титрування за допомогою бюреток проводяться виключно у ввімкненій витяжній шафі з використанням захисного халату та тонких нітрилових рукавичок.

Під час дослідження реологічних властивостей розроблених веганських мас за допомогою ротаційного віскозиметра виникає небезпека травмування пальців рухомими елементами приладу. Перед початком вимірювань динамічної в'язкості дослідник має надійно зафіксувати вимірювальний шпindel (ротор) у патроні приладу, суворо контролювати температурний режим термостатуючого стакану, а будь-які маніпуляції з очищення чи зміни робочих вузлів віскозиметра виконувати тільки за повної зупинки обертання та вимкненого живлення електроприладу. При реалізації методу органолептичного аналізу особливу увагу приділяють вимогам особистої гігієни та виробничої санітарії лабораторії: дегустаційна оцінка розроблених зразків шоколадної маси на колір, смак, аромат та консистенцію дозволяється лише за умови використання чистого індивідуального інвентарю, відсутності сторонніх запахів у приміщенні та після ретельного санітарного оброблення рук дослідника.

Безпека дослідних робіт завершується виконанням загальних правил безпечної поведінки на території лабораторії. Дослідник повинен безперервно контролювати чистоту робочої зони, і в разі проливання рідкої шоколадної маси, какао-масла або кокосових ліпідів, роботу на цій ділянці призупинити, а жирову пляму негайно засипати абсорбентом або видалити сухими серветками з наступним знежиренням поверхні дезінфікуючим розчином, оскільки жирова плівка на підлозі створює критичну небезпеку миттєвого ковзання та падіння. Особливе місце посідає електробезпека лабораторного майданчика, відповідно до якої усі прилади, включаючи млин, меланжер, сушильні шафи, ваги та віскозиметри, мають бути підключені до контуру захисного заземлення підприємства через справні штепсельні розетки з заземлюючими контактами.

Перед увімкненням будь-якого апарату необхідно візуально перевірити цілісність підвідного кабелю та ізоляції, пам'ятаючи, що категорично забороняється торкатися електричних вилок, кнопок пуску та металевих корпусів обладнання вологими або забрудненими в жирі руками.

4.2 Вимоги безпеки після закінчення роботи

Правильне та послідовне завершення технологічних та аналітичних операцій у виробничій лабораторії є невід'ємним елементом загальної системи охорони праці на підприємстві. Після закінчення експериментальних досліджень шоколадних мас, дослідник зобов'язаний виконати комплекс заходів із безпечного вимкнення обладнання, первинної санітарної обробки робочих поверхнь та упорядкування хіміко-аналітичного інвентарю. Усі операції мають проводитися з урахуванням високої в'язкості та жирowego характеру залишкових модельних систем, що потребують специфічних методів очищення.

Основним етапом завершення робіт є повне деактивування та знеструмлення використовуваного технологічного обладнання. Лабораторний дезінтеграторний млин, меланжер (конш-машина), сушильні шафи, електронні ваги, ротаційний віскозиметр та водяні бані повинні бути вимкнені за допомогою штатних кнопок керування на панелях приладів, а потім фізично від'єднані від електричної мережі шляхом виймання штепсельних вилок із розеток. Категорично забороняється залишати під напругою сушильні шафи для визначення вологи або нагрівальні прилади, навіть якщо планується продовження робіт наступного дня. Охолодження нагрівальних елементів має відбуватися природним шляхом. Не допускається примусове охолодження поверхонь сушильних шаф або бань водою, що може призвести до термічного руйнування металу та короткого замикання в електромережі.

Санітарне очищення та миття робочих елементів обладнання виконуються лише після їхнього повного знеструмлення та охолодження до безпечної температури. Гранітні валки та внутрішня чаша меланжера ретельно

очищуються від залишків застигаючої веганської шоколадної маси за допомогою спеціальних пластикових скребків, після чого промиваються теплою водою з додаванням дозволених на підприємстві знежирюючих мийних засобів, що усувають ліпідну плівку кокосового молока та какао-масла. Знімні деталі лабораторного млина після очищення від мікродисперсного пилу рослинних волокон протираються сухою серветкою. Використаний у процесі роботи дрібний інструментарій, включаючи шпателі, лопатки, мірні склянки, робочі органи (шпинделі) віскозиметра та лабораторний скляний посуд, що застосовувався під час титрування кислотного та пероксидного чисел жиру, підлягає обов'язковому миттю, дезінфекції та сушінню у спеціально відведених мийних зонах лабораторії.

Особливі вимоги безпеки пред'являються до упорядкування хіміко-аналітичної зони витяжної шафи. Відпрацьовані спирто-ефірні суміші, залишки титрантів та хімічних реактивів після проведення аналізів ліпідної фази категорично забороняється зливати в загальнозаводську каналізаційну мережу. Ці рідкі відходи мають бути акуратно перелиті в спеціальні марковані ємності з хімічно стійкого матеріалу для їхньої подальшої нейтралізації та утилізації згідно з екологічними регламентами підприємства. Витяжна шафа після завершення аналітичних робіт повинна залишатися ввімкненою ще протягом 10–15 хвилин для повного видалення залишкових парів летких розчинників, після чого її внутрішні робочі поверхні протираються серветкою.

На завершальному етапі дослідник зобов'язаний провести ретельне вологе прибирання свого робочого місця, видалити всі випадкові просипання рослинних порошків та знежирити поверхні столів у разі потрапляння крапель ліпідної фази. Використані серветки та інші тверді відходи збираються у спеціальні контейнери. Після виконання всіх очисних процедур дослідник знімає засоби індивідуального захисту (рукавички, окуляри, респіратор), усуває можливі забруднення зі спецодягу (халату), ретельно мие руки з милом та обробляє їх дезінфікуючим засобом. Про завершення експерименту, технічний

стан приладів та здачу робочої зони робиться відповідний запис у лабораторному журналі змінного контролю підприємства.

4.3 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Дослідження веганських шоколадних мас та проведення аналітичних досліджень в умовах виробничої лабораторії підприємства вимагає від дослідника миттєвої, чіткої та нормативно обґрунтованої реакції у разі виникнення позаштатних або аварійних ситуацій. Будь-яке відхилення від нормального режиму роботи обладнання, руйнування хімічного посуду або порушення герметичності систем із хімічними речовинами несе пряму загрозу персоналу, а також цілісності майна підприємства. У разі виникнення будь-яких ознак аварії дослідник зобов'язаний негайно припинити всі технологічні та аналітичні операції, зафіксувати поточний стан приладів і діяти за алгоритмом ліквідації небезпеки.

Аварійні ситуації, пов'язані з відмовами електрообладнання (дезінтеграторного млина, меланжера, ротаційного віскозиметра чи сушильних шаф), несуть ризик ураження струмом та виникнення пожеж. У разі появи специфічного запаху горілої ізоляції, диму, стороннього шуму, сильної вібрації двигунів або при виявленні дії електричного струму на металевих корпусах приладів, необхідно негайно знеструмити обладнання за допомогою головного аварійного вимикача (рубильника) на розподільчому щиті лабораторії. Забороняється намагатися самостійно усунути несправність чи розбирати працюючі вузли під напругою. Якщо аварія призвела до займання електропроводки, гасіння пожежі дозволяється проводити виключно з використанням вуглекислотних або порошкових вогнегасників (ОУ або ОП); використання води чи пінних вогнегасників категорично заборонено через загрозу ураження струмом.

Критичну небезпеку становлять аварії під час проведення хімічних аналізів якості ліпідної фази та визначення показників вологості. У разі виявлення витoku

або розливу спирто-ефірних сумішей чи інших летких розчинників, які використовуються при титруванні кислотного або пероксидного числа, необхідно миттєво вимкнути суміжні прилади, знеструмити джерела нагрівання та забезпечити максимальне провітрювання приміщення через аварійну витяжну вентиляцію. Оскільки пари органічних розчинників здатні утворювати вибухонебезпечні суміші, у зоні аварії забороняється вмикати або вимикати будь-які інші електроприлади, щоб уникнути появи іскри. У випадку руйнування лабораторних конічних колб чи бюреток і розливу реактивів, уражену ділянку столу негайно локалізують, нейтралізують абсорбуючими матеріалами та змивають водою. При випадковому руйнуванні гарячого скляного посуду чи бюксів у сушильній шафі, прилад негайно знеструмлюють, дають йому частково охолонути, а збирання уламків скла проводять виключно за допомогою совка та щітки, захищаючи руки щільними рукавичками.

Окрему категорію ризиків становлять аварії, пов'язані з руйнуванням ємностей та розливом значних об'ємів гарячих ліпідних компонентів (какао-масла або какао тертого) з температурою понад 50 °С. При виникненні такої ситуації дослідник повинен локалізувати зону розливу, щоб запобігти розтіканню жиру під лабораторне обладнання та на шляхи евакуації. Гарячу жирову масу забороняється змивати водою, оскільки це призведе до утворення слизької емульсії на великій площі та забивання каналізаційних стоків; ліпідну фракцію зв'язують за допомогою сорбентів або прибирають сухими матеріалами після її часткового охолодження та застигання на підлозі.

Алгоритм надання першої долікарської допомоги при травмуванні під час аварії має бути чітким та диференційованим. У разі випадкового потрапляння хімічних реактивів або розчинників на відкриті ділянки шкіри чи в очі, уражене місце необхідно негайно промивати великою кількістю проточної холодної води протягом 10–15 хвилин, після чого накласти чисту пов'язку. При термічних опіках гарячим какао-маслом, водою з бані або об нагрівальні поверхні сушильної шафи, обпечену ділянку шкіри негайно охолоджують під струменем води, при цьому категорично забороняється наносити на свіжу рану

мазі чи сторонні жирові речовини, а також самостійно видаляти залишки одягу з зони ураження. Про будь-яку аварійну ситуацію, факт травмування або загрозу виникнення небезпечних факторів дослідник зобов'язаний негайно повідомити завідувача лабораторії, інженера з охорони праці підприємства ТОВ «Малбі Фудс» та, за потреби, викликати екстрені служби за телефонами 101 і 103.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок кошторису витрат на проведення дослідження

Фінансове обґрунтування науково-дослідної роботи (НДР) передбачає калькулювання всіх витрат, безпосередньо пов'язаних із розробкою, виготовленням дослідних партій та аналітичним контролем якості веганських шоколадних мас з високим вмістом дієтичних волокон. Калькуляційний період охоплює етап лабораторних та дослідно-промислових випробувань на базі ТОВ «Малбі Фудс».

Витрати на проведення досліджень групуються за такими основними статтями:

- прямі матеріальні витрати (сировина, напівфабрикати, лабораторний посуд та хімічні реактиви);
- витрати на енергоносії для науково-технологічних цілей;
- витрати на оплату праці дослідника з нарахуваннями на заробітну плату;
- амортизаційні відрахування за використання лабораторного інвентарю та приладів.

Першочерговим розрахунком кошторису є прямі витрати на сировину для формування модельних систем та реактиви для визначення показників якості (масової частки вологи, кислотного та пероксидного чисел жиру). Розрахунок матеріальних витрат для виконання серії експериментів наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 — Кошторис витрат на сировину, матеріали та хімічні реактиви

Найменування матеріалу / сировини	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за 1 кг, грн	Загальна сума, грн
Какао-масло	кг	1,2	789,00	946,80
Какао терте	кг	1,0	550,00	550,00
Сухе кокосове молоко	кг	0,7	794,00	555,80
Нутовий порошок	кг	0,5	129,00	64,50

Продовження таблиці 5.1

Яблучна клітковина (волокна)	кг	0,25	260,00	65,00
Кокосове борошно (волокна)	кг	0,5	210,00	105,00
Мигдальне борошно (волокна)	кг	0,5	614,00	307,20
Екстракт стевії	кг	0,03	4120,00	123,60
Соняшниковий лецитин	кг	0,05	960,00	48,00
Ваніль	кг	0,01	580,00	5,80
Хімічні реактиви (спирт, ефір, луг, індикатори)	набір	1	250,00	250,00
Лабораторний посуд (бюкси, колби, пробірки)	комплект	1	200,00	200,00
Усього	—	—	—	3221,5

Другим розрахунком є витрати на електроенергію, спожиту під час роботи дезінтеграторного млина, меланжера, сушильної шафи та ротаційного віскозиметра. Розрахунок базується на тривалості роботи обладнання, його встановленій потужності та діючому комерційному тарифі на електроенергію для промислових підприємств (умовно прийнято 8,50 грн за 1 кВт·год).

Витрати на енергоносії ($B_{\text{ел}}$) визначають за формулою:

$$B_{\text{ел}} = P \cdot t \cdot T_{\text{е}}$$

де P — встановлена потужність електроустановки, кВт;

t — фактичний час роботи приладу за весь період експерименту, год;

$T_{\text{е}}$ — промисловий тариф за 1 кВт·год, грн.

Дані щодо енерговитрат лабораторного майданчика зведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 — Витрати на електроенергію для технологічних та аналітичних цілей

Найменування обладнання	Потужність (P), кВт	Час роботи (t), год	Тариф (Т _с), грн	Сума витрат, грн
Дезінтеграторний млин	1,5	8	8,50	102,00
Лабораторний меланжер	0,8	42	8,50	285,60
Сушильна шафа СЕШ-3М	2,0	16	8,50	272,00
Ротаційний віскозиметр	0,1	12	8,50	10,20
Допоміжні прилади (ваги, баня)	0,6	20	8,50	102,00
Усього	—	—	—	771,80

Наступна стаття включає витрати на оплату праці дослідника за період виконання науково-дослідної роботи. Тривалість робочого часу становить 120 годин. Годинна тарифна ставка складає 85,00 грн.

Основна заробітна плата ($Z_{\text{осн}}$) обчислюється як:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{заг}} * T_{\text{год}} = 120 * 85,00 = 10200,00 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата (резерв відпусток, преміальні виплати) приймається у розмірі 10% від основної:

$$Z_{\text{дод}} = 10200,00 * 0,10 = 1020,00 \text{ грн.}$$

Загальний фонд оплати праці (ФОП):

$$\text{ФОП} = 10200,00 + 1020,00 = 11220,00 \text{ грн.}$$

Нарахування на заробітну плату (Єдиний соціальний внесок, ЄСВ) відповідно до чинного законодавства України становлять 22%:

$$V_{\text{есв}} = \text{ФОП} * 0,22 = 11220,00 * 0,22 = 2468,40 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування (А) за експлуатацію лабораторних фондів розраховуються лінійним методом і становлять умовно 450,00 грн за період дослідження.

Накладні витрати лабораторії (витрати на охорону праці, дезінфікуючі засоби, вентиляцію) приймаються у розмірі 15% від фонду оплати праці:

$$V_{\text{накл}} = 11220,00 * 0,15 = 1683,00 \text{ грн.}$$

Загальна сума витрат на розробку та дослідження веганських шоколадних мас фіксується у зведеному кошторисі (таблиця 5.3).

Таблиця 5.3 — Зведений кошторис витрат на проведення НДР

Стаття калькуляції	Сума витрат, грн	Питома вага, %
Сировина, матеріали та хімічні реактиви	3221,50	16,26
Електроенергія для наукових цілей	771,80	3,90
Фонд оплати праці дослідника	11220,00	56,62
Нарахування на заробітну плату (ЄСВ 22%)	2468,40	12,46
Амортизація обладнання лабораторії	450,00	2,27
Накладні витрати	1683,00	8,49
Загальна вартість дослідження	19814,70	100,00

5.2 Визначення ефективності дослідження

Економічна доцільність та промислова ефективність впровадження розроблених веганських шоколадних мас оцінюється шляхом зіставлення витрат на сировинні набори для виробництва 1 тонни готової продукції за двома варіантами: Еталон (базовий класичний молочний шоколад на цукрі) та Проектний варіант (оптимізований за реологічними та органолептичними показниками веганський шоколад зі стевією, нутовим порошком та рослинними волокнами).

Розрахунок вартості сировинної суміші на 1000 кг готового виробу з урахуванням нормативних технологічних втрат (прийнятих на рівні 1,5%) представлено у порівняльній таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 — Розрахунок сировинної собівартості 1 тонни продукції

Рецептурні компоненти	Базовий варіант (класичний)	Розроблений варіант (веганський)
Маса сировини з урахуванням втрат, кг:		
– какао-масло	300,0	330,0
– какао терте	200,0	180,0
– цукор-пісок	350,0	—
– сухе незбиране молоко	160,0	—
– сухе кокосове молоко	—	180,0
– нутовий порошок / рослинні волокна	—	330,0
– екстракт стевії	—	1,5
– допоміжні компоненти (лецитин, ваніль)	5,0	3,5
Загальна маса сировини, кг	1015,0	1025,0
Середня вартість сировинного набору, грн:		
– витрати на сировину для 1 тонни продукту	275800,00	251640,00
Економічний ефект на сировині (економія), грн	—	24160,00

Зниження витрат на сировину у розробленій веганській шоколадній масі на 24160,00 грн на кожній тонні продукції досягається за рахунок повної заміни цукру-піску та сухого коров'ячого молока на інноваційну функціональну композицію з використанням рослинних компонентів сухого кокосового молока, нутового порошку, яблучної клітковини, кокосового і мигдального порошоків та інтенсивного підсолоджувача (стевії). Попри загальне світове подорожчання какао-продуктів (какао-масла та какао тертого), оптимізація рецептурного складу за рахунок збалансованого введення рослинних волокон

дозволяє суттєво знизити підсумкову матеріаломісткість виробництва та утримувати високу маржинальність готового продукту в умовах нестабільного ринку сировини.

Замість прямого комерційного прибутку, отриманого за рахунок зниження собівартості сировинного набору, впровадження інноваційної технології на кондитерському підприємстві забезпечує високу соціально-економічну, технологічну та маркетингову ефективність. Детальний аналіз та розширені переваги запропонованого рішення виражаються у таких стратегічних аспектах:

Створення лінійки продуктів з концепцією «чистої етикетки» (Clean Label) дозволяє сучасному підприємству оперативно вийти на нові стрімко зростаючі споживчі сегменти. Продукт орієнтований на задоволення попиту веганів, вегетаріанців, людей з індивідуальною непереносимістю лактози (лактазною недостатністю), людей за здорове харчування, а також пацієнтів з цукровим діабетом або метаболічним синдромом, які повністю виключають зі свого раціону цукор. Це суттєво підвищує лояльність до бренду та зміцнює репутацію підприємства як інноваційного виробника продуктів для здорового харчування.

Завдяки високому вмісту розчинних та нерозчинних фракцій харчових волокон розроблена веганська шоколадна маса успішно переводиться з категорії традиційних кондитерських десертів до категорії високоякісних функціональних продуктів пребіотичної та детоксикаційної дії. Рослинні волокна нуту, яблука та горіхів сприяють нормалізації функцій шлунково-кишкового тракту, стабілізують рівень глюкози в крові та підтримують здоровий мікробіом кишечника. Така комплексна фізіологічна дія кардинально підвищує конкурентоспроможність виробу на ринку кондитерських виробів преміум-сегменту.

Залучення у рецептурний склад продуктів глибокої переробки рослинної сировини (яблучної клітковини, кокосового та мигдального порошоків, які фактично є цінними побічними продуктами суміжних виробництв) повністю узгоджується з сучасними європейськими принципами циркулярної економіки (Circular Economy), екологічної безпеки та сталого розвитку виробництва. Це

мінімізує екологічний слід підприємства та демонструє раціональне використання біологічних ресурсів.

Використання рослинних наповнювачів у мікродисперсному стані дозволяє стабілізувати реологічні властивості маси без залучення дорогих синтетичних емульгаторів та гідроколоїдів. Розроблена веганська шоколадна маса має оптимальні показники динамічної в'язкості та граничного напруження зсуву, що забезпечує її безперешкодне формування, відливання та темперування на стандартному автоматизованому обладнанні кондитерських фабрик без необхідності проведення капітальної модернізації ліній.

Часткова заміна традиційних сухих молочних продуктів тваринного походження на альтернативні та доступні рослинні компоненти (нутовий порошок та яблучні волокна вітчизняного виробництва) зменшує загальну залежність підприємства від коливань цін на молочну сировину та знижує логістичні ризики, що є критично важливим для забезпечення економічної стійкості бізнесу.

Тим самим розроблений технологічний підхід до моделювання рецептур веганських шоколадних мас із високим вмістом харчових волокон є повністю виправданим як з науково-технологічної та медико-соціальної, так і з фінансово-економічної точок зору.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі наведено теоретичне обґрунтування та практичне вирішення актуальної науково-практичної задачі, що полягає в оптимізації рецептурного складу та вдосконаленні технології виробництва веганської шоколадної маси функціонального призначення з вмістом харчових волокон, без використання цукру та компонентів тваринного походження.

На основі проведених теоретичних, експериментальних та фінансово-економічних досліджень зроблено низку важливих технологічних та розрахункових висновків.

Підтверджено високу доцільність створення такого веганського продукту. Сучасний аналіз ринку кондитерських виробів та новітніх нутриціологічних тенденцій чітко вказує на стрімке зростання попиту на кондитерські вироби без вмісту продуктів тваринного походження, без цукру та без лактози. В ході роботи було детально доведено медико-соціальну та суто технологічну необхідність повної заміни традиційного бурякового цукру та сухого коров'ячого молока на „альтернативне” сухе молоко. Це дозволяє суттєво знизити глікемічний індекс готового виробу, повністю виключити небезпечні для багатьох споживачів алергени, а саме лактозу, та значно підвищити загальну біологічну цінність шоколадної маси.

Під час досліджень було науково обґрунтовано вибір кожного окремого інгредієнта нової рецептури. Як інтенсивний натуральний підсолоджувач успішно використано екстракт стевії, що володіє високим рівнем солодкості, нульовою калорійністю та повною термічною стабільністю під час тривалого теплового коншування шоколадних мас. Своєю чергою, сухе незбиране коров'яче молоко вдалося замінити сухим кокосовим молоком. Це дало змогу зберегти необхідну за технологією жирність напівфабрикату та одночасно сформувати приємні вершкові ноти в загальному органолептичному показнику готового виробу.

Особливу увагу приділено розробці та оптимізації багатокомпонентної композиції харчових волокон. Для якісного формування щільної макроструктури, компенсації втраченого сухого залишку після вилучення цукру та збагачення шоколадної маси пребіотичними речовинами було розроблено раціональну суміш на основі чотирьох видів рослинної сировини: нутового порошку, яблучної клітковини, а також кокосового і мигдального порошоків. Експериментально визначено їхній комплексний синергетичний вплив на формування структури, смакові якості та фінальну текстуру отриманої шоколадної маси.

Важливим етапом роботи стало комплексне дослідження реологічних і технологічних властивостей отриманих мас. Було встановлено, що введення мікродисперсних харчових волокон суттєво впливає на загальну гідрофільність та капілярно-пористу структуру всієї системи. Завдяки серії дослідів підібрано оптимальне співвідношення між часткою какао-масла та соняшникового лецитину, що дозволило повністю стабілізувати показники динамічної в'язкості й граничного напруження зсуву. Отримані дані безпосередньо доводять можливість ефективного перероблення, темперування та формування розробленої шоколадної маси на стандартних автоматизованих лініях підприємств без потреби у залученні значних капіталовкладень на модернізацію обладнання.

Також у роботі детально розроблено чітку систему вхідного контролю та встановлено базові параметри безпеки. Визначено критичні точки безпосередньо на етапі підготовки сухих інгредієнтів до виробництва, що враховує високу вологоємність рослинних наповнювачів. За результатами аналізів доведено, що за всіма фізико-хімічними, мікробіологічними та органолептичними показниками розроблена шоколадна маса повністю задовольняє вимогам чинної нормативної документації, а завдяки високому вмісту харчових волокон суттєво перевершує класичні аналоги та може позиціонуватися як функціональний продукт із детоксикаційними властивостями.

Економічні розрахунки повністю підтвердили високу доцільність практичного впровадження цієї технологічної розробки. Складений зведений кошторис на проведення науково-дослідної роботи, який врахував фактичні витрати на придбання сировини в роздрібній мережі для експериментів, витрати на спожиту приладами електроенергію, а також умовну оплату праці з обов'язковими нарахуваннями єдиного соціального внеску у розмірі 22%, підтвердив повну фінансову адекватність дослідів. Порівняльний аналіз рецептурних витрат показав, що заміна сухого молока і цукру на розроблену рослинну композицію забезпечує реальний економічний ефект у вигляді економії 24160,00 грн на кожній тонні готової продукції.

Також було чітко визначено стратегічні маркетингові та екологічні переваги запропонованого рішення. Нова технологія дозволяє сучасним кондитерським підприємствам значно розширити ринки збуту за рахунок залучення нових великих груп споживачів — веганів, людей з цукровим діабетом чи лактазною недостатністю, а також успішно випускати продукцію за принципом чистої етикетки без штучних домішок. Використання продуктів глибокої переробки рослинної сировини, таких як яблучні та горіхові волокна, повністю відповідає екологічним принципам циркулярної економіки та раціонального природокористування, що значно підвищує загальну конкурентоспроможність та екологічний імідж виробництва.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сіна Х. Визначення здорового харчування: докази ролі сучасних моделей харчування у здоров'ї та хворобах [Текст] / Х. Сіна, П. К. Колдер // *Nutrients*. – 2020. – Vol. 12, № 2. – С. 334.
2. Масрі О. А. Роль вітамінів у шлунково-кишкових захворюваннях [Текст] / О. А. Масрі, Дж. М. Чалхуб, А. І. Шарара // *World Journal of Gastroenterology*. – 2015. – Vol. 21, № 17. – С. 5191–5198.
3. Фоелькле М. Поширеність дефіциту мікронутрієнтів у пацієнтів, госпіталізованих з COVID-19: обсерваційне когортне дослідження [Текст] / М. Фоелькле, К. Грегоріано, П. Нейєр та ін. // *Nutrients*. – 2022. – Vol. 14, № 9. – С. 1862.
4. Мартирисян Д. М. Удосконалення регулювання функціональних продуктів харчування [Текст] / Д. М. Мартирисян, С. Страттон // *Bioactive Compounds in Health and Disease*. – 2023. – Vol. 6, № 8. – С. 166–171.
5. Лі-Піанг А. Формулювання харчових продуктів, орієнтоване на функціональність – приклад вибору екологічно чистих інгредієнтів, що підвищують в'язкість [Текст] / А. Лі-Піанг, А. Ц. Меллер, Н. Кельманн та ін. // *Food Research International*. – 2022. – Vol. 152. – С. 110889.
6. Бейкер М. Т. Сприйняття споживачами функціональних продуктів харчування: оглядовий огляд [Текст] / М. Т. Бейкер, П. Лу, Дж. А. Паррелла, Г. Р. Леггетт // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2022. – Vol. 19, № 19. – С. 1217.
7. Монтанья М. Шоколад, «їжа богів»: історія, наука та здоров'я людини [Текст] / М. Монтанья, Г. Дієлла, Ф. Тріджано та ін. // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2019. – Vol. 16, № 24. – С. 4960.
8. Саманта С. Темний шоколад: огляд його біологічної активності, обробки та підходів до збагачення [Текст] / С. Саманта, Т. Саркар, Р. Чакраборті та ін. // *Current Research in Food Science*. – 2022. – Vol. 5. – С. 1916–1943.

9. Шаханас Е. Користь для здоров'я від біоактивних сполук какао (*Theobroma cacao*) [Текст] / Е. Шаханас, С. Т. Панджіккаран, Е. Р. Аніна та ін. // *Agricultural Review*. – 2019. – Vol. 40, № 2. – С. 143–149.
10. Орац Й. Біодоступність та метаболізм вибраних біологічно активних сполук какао: комплексний огляд [Текст] / Й. Орац, Е. Небесний, Д. Жизелевич та ін. // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2020. – Vol. 60, № 11. – С. 1947–1985.
11. Меллор Д. Д. Цукор і какао: солодка синергія або гіркий антагонізм. Розробка какао та шоколадних продуктів для здоров'я: оглядовий опис [Текст] / Д. Д. Меллор, Д. Амунд, Е. Георгусопулу, Н. Наумовський // *International Journal of Food Science & Technology*. – 2018. – Vol. 53, № 1. – С. 33–42.
12. Стекольщикова М. П. Особливості і конкурентне середовище кондитерської глазури [Текст] / М. П. Стекольщикова // *Кондитерське виробництво*. – 2002. – № 1. – С. 12–14.
13. Бухкало С. І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах [Текст] : підручник / С. І. Бухкало, Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, П. О. Капустенко та ін. – К. : ЦНЛ, 2011. – 836 с.
14. Technological aspects of the production of lactose-free dairy products [Електронний ресурс] / ResearchGate GmbH. – Електрон. дані. – 2024. – Режим доступу:
https://www.researchgate.net/publication/381402473_Technological_aspects_of_the_production_of_lactose-free_dairy_products – Заголовок з екрана.
15. Advances in Low-Lactose/Lactose-Free Dairy Products and Their Production [Електронний ресурс] / MDPI AG. – Електрон. дані. – 2023. – Режим доступу:
<https://www.mdpi.com/2304-8158/12/13/2553> – Заголовок з екрана.
16. Buljeta I. Extraction of dietary fibers from plant-based industry waste: A comprehensive review [Текст] / I. Buljeta, D. Šubarić, J. Babić, A. Pichler // *Applied Sciences*. – 2023. – Vol. 13, № 16. – С. 9309.

17. Marczak A. Dietary fibers: Shaping textural and functional properties of processed meats and plant-based meat alternatives [Текст] / A. Marczak, A. C. Mendes // Foods. – 2024. – Vol. 13, № 12. – С. 1952.
18. Moloudpour B. Association between plant-based diet and kidney function in adults [Текст] / B. Moloudpour, S. A. Jam, M. Darbandi та ін. // Journal of Renal Nutrition. – 2024. – Vol. 34, № 2. – С. 125–132.
19. Соломон А. М. Роль харчових волокон у функціональному харчуванні [Текст] / А. М. Соломон // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Харчові технології. – 2024. – Т. 26, № 101. – С. 77–83.
20. Щербак К. О. Характеристика харчових волокон та вивчення їх поведінки у водних розчинах [Текст] / К. О. Щербак, О. Кармазов, Т. Желева // Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія: Технічні науки. – 2024. – № 1. – С. 20–26.
21. Хомич Г. П. Продукти переробки хеномелесу в якості складової комбінованої системи структуроутворення [Текст] / Г. П. Хомич, О. М. Горобець, А. Б. Бородай та ін. // Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія: Технічні науки. – 2024. – № 2. – С. 18
22. Какао-масло. Загальні технічні умови [Електронний ресурс]: ДСТУ 5004:2017. – На заміну ДСТУ 5004:2008 ; чинний від 2018-07-01. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2017 // Інформаційно-довідкова система «Будстандарт». – Електрон. дані. – Нац. стандарт України. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=75316 – Заголовок з екрана
23. Какао терте. Загальні технічні умови [Електронний ресурс]: ДСТУ 5006:2017. – На заміну ДСТУ 5006:2008 ; чинний від 2018-07-01. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017 // Інформаційно-довідкова система «Будстандарт». – Електрон. дані. – Нац. стандарт України. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=75319 – Заголовок з екрана.

24. Напівфабрикати. Глазурі та маси для формування. Загальні технічні умови [Електронний ресурс]: ДСТУ 4660:2017. – На заміну ДСТУ 4660:2006 ; чинний від 2018-07-01. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017 // Інформаційно-довідкова система «Будстандарт». – Електрон. дані. – Нац. стандарт України. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=75317 – Заголовок з екрана.