

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Магістр»
на тему:

**Обґрунтування технології виробництва печива
цукрового з використанням цукрозамінників**

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу,
групи МГХТ-1-24
освітньо-професійної програми «Харчові технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Володимир ДВОРЯК

Керівник: _____ Наталія СОВА

Дніпро 2025

ДНШРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій
Ступінь вищої освіти: «Магістр»
Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»
Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
харчових технологій,
кандидат технічних наук, доцент
_____ Віталій КОШУЛЬКО

«__» _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Дворяку Володимиру Андрійовичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва печива цукрового з використанням цукрозамінників».
Керівник роботи: Сова Наталія Анатоліївна, кандидатка технічних наук, доцентка, затверджені наказом закладу вищої освіти від «24» жовтня 2025 року №3184.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 08 грудня 2025 року.
3. Вихідні дані до роботи: 1. Літературні джерела та періодичні видання. 2. Наукова та науково-технічна документація, що стосується виробництва печива цукрового.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1. Оглядовий розділ. 2. Дослідницько-аналітичний розділ. 3. Експериментальний розділ. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Організаційно-економічний розділ. Загальні висновки і пропозиції. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1) Мета, об'єкт, предмет та задачі дослідження. 2) Характеристика цукрозамінників, обраних для дослідження. 3) Тістові заготовки печива цукрового. 4) Результати експериментальних досліджень. 5) Охорона праці та захист навколишнього середовища. 6) Організаційно-економічний розділ. 7) Загальні висновки і пропозиції.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 5	доцентка СОВА Наталія	24.10.25	08.12.2025

7. Дата видачі завдання 24 жовтня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	24.10-26.10.2025	виконано
2	Оглядовий розділ	27.10-02.11.2025	виконано
3	Дослідницько-аналітичний розділ	03.11-09.11.2025	виконано
4	Експериментальний розділ	10.11-23.11.2025	виконано
5	Охорона праці та захист навколишнього середовища	24.11-26.11.2025	виконано
6	Організаційно-економічний розділ	27.11-30.11.2025	виконано
7	Загальні висновки і пропозиції, бібліографія	01.12-03.12.2025	виконано
8	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	04.12-08.12.2025	виконано

Здобувач вищої освіти _____ Володимир ДВОРЯК
(підпис)

Керівник роботи _____ Наталія СОВА

РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування технології виробництва печива цукрового з використанням цукрозамінників».

Кваліфікаційна робота магістра: 57 с., 9 рис., 16 табл., 31 літературне джерело.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва печива цукрового.

Метою роботи є розроблення рецептури печива цукрового з використанням цукрозамінників.

Методи дослідження. Дослідні зразки печива цукрового виготовляли за типовою рецептурою, випікали при температурі 200 °С протягом 10 хв. Колір готових виробів визначали за допомогою колориметра Linshang LS173 за шкалою LAB, вміст вологи визначали на вагах-воломірі RADWAG MA 110 R. Реологічні властивості визначали за допомогою пенетрометра.

Кваліфікаційна робота присвячена розробленню рецептури печива цукрового з використанням цукрозамінників з метою підвищення його поживної цінності та розширення асортименту борошняних кондитерських виробів функціонального призначення. Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва печива цукрового, а предметом – органолептичні показники якості та реологічні властивості готових виробів.

Розроблено та виготовлено п'ять зразків печива цукрового: контрольний і чотири дослідні з повною заміною цукрової пудри на ксилітол, екстракт стевії, еритритол та інулін із цикорію. Досліджено органолептичні показники, колірні характеристики, вологість і реологічні властивості зразків відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Отримані результати показали, що використання цукрозамінників істотно впливає на споживчі та структурно-механічні властивості печива. Найбільш збалансованими за сукупністю органолептичних, фізико-хімічних і реологічних показників виявилися контрольний зразок і зразок із інуліном цикорію. Зразок з інуліном характеризувався високими дегустаційними оцінками, зниженим вмістом вологи та стабільними реологічними властивостями, що створює передумови для подовження терміну зберігання виробів.

Проведено техніко-економічну оцінку виробництва, яка засвідчила підвищення собівартості печива з інуліном порівняно з традиційною рецептурою, однак отриманий продукт має підвищену функціональну цінність і може бути рекомендований для виробництва в сегменті продуктів зі зниженим вмістом цукру. Результати досліджень підтверджують доцільність використання цукрозамінників у технології цукрового печива та можливість впровадження розробленої рецептури у виробничу практику.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВИРОБИ КОНДИТЕРСЬКІ, ПЕЧИВО ЦУКРОВЕ, ЦУКРОЗАМІННИКИ, РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ОГЛЯДОВИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Характеристика цукрозамінників.....	7
1.1.1 Ксилітол.....	8
1.1.2 Еритритол.....	10
1.1.3 Стевія.....	13
1.1.4 Інулін із цикорію.....	15
Висновки за розділом.....	17
2 ДОСЛІДНИЦЬКО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	19
Висновки за розділом.....	23
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	24
Висновки за розділом.....	34
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	37
4.1 Розробка картки безпеки праці.....	37
4.2 Поводження з відходами від виробництва печива цукрового.....	40
Висновки за розділом.....	41
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	42
5.1 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження кваліфікаційної роботи.....	42
5.2 Розрахунок вартості дослідження.....	46
5.3 Техніко-економічні показники виробництва печива цукрового в лабораторних умовах.....	46
Висновки за розділом.....	50
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	51
БІБЛІОГРАФІЯ.....	54

ВСТУП

Актуальність розробки рецептури цукрового печива із застосуванням цукрозамінників зумовлена сучасними тенденціями у сфері харчування, охорони здоров'я та розвитку харчових технологій. Традиційні рецептури цукрового печива передбачають використання значної кількості сахарози, що забезпечує високі органолептичні показники виробів, проте одночасно формує їх підвищену енергетичну цінність та високий глікемічний індекс. Надмірне споживання продуктів із високим вмістом доданих цукрів асоціюється з розвитком ожиріння, цукрового діабету II типу, серцево-судинних захворювань, карієсу та метаболічного синдрому, що підтверджується рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я щодо обмеження споживання цукрів.

Зростання поширеності діабету, інсулінорезистентності та інших порушень вуглеводного обміну зумовлює підвищений попит на кондитерські вироби зі зниженим вмістом сахарози або без неї. У цьому контексті використання цукрозамінників та підсолоджувачів (еритритолу, ксиліту, мальтитолу, стевіозидів, ізомальту тощо) є перспективним напрямом удосконалення рецептур борошняних кондитерських виробів. Такі інгредієнти дозволяють знизити калорійність продукції, глікемічне навантаження та ризик розвитку карієсу, водночас зберігаючи солодкий смак готових виробів.

З технологічної точки зору актуальність досліджень пов'язана з тим, що цукрозамінники суттєво відрізняються від сахарози за фізико-хімічними властивостями, зокрема розчинністю, гігроскопічністю, здатністю до карамелізації та участі в реакціях меланоїдиноутворення. Це впливає на формування структури тіста, текстури, кольору, крихкості та смако-ароматичних властивостей цукрового печива. Тому розробка нових рецептур потребує науково обґрунтованого підбору типу та кількості цукрозамінників з урахуванням їх впливу на реологічні властивості тіста та показники якості готової продукції.

Крім того, актуальність теми зумовлена зростанням сегмента функціональних і дієтичних харчових продуктів, орієнтованих на споживачів, які дотримуються принципів здорового харчування, контролю маси тіла або мають спеціальні харчові потреби. Розширення асортименту цукрового печива з використанням цукрозамінників сприятиме підвищенню конкурентоспроможності вітчизняної кондитерської продукції та її відповідності сучасним вимогам ринку.

Таким чином, розробка рецептури цукрового печива із застосуванням цукрозамінників є актуальною науково-практичною задачею, що поєднує вирішення питань оздоровлення харчування населення, удосконалення технологічних процесів та розширення асортименту борошняних кондитерських виробів зі зниженою енергетичною цінністю.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є технологічний процес виробництва печива цукрового.

Предмет дослідження – органолептичні показники якості та реологічні властивості печива цукрового.

Метою роботи є розроблення рецептури печива цукрового з використанням цукрозамінників.

Для досягнення зазначеної мети поставлені наступні задачі:

1. Виготовити дослідні зразки цукрового печива з використанням ксилітолу, екстракту стевії, еритритолу та інуліну з цикорію;
2. Провести органолептичну оцінку готових виробів;
3. Визначити вологість та реологічні властивості дослідних зразків печива цукрового.

1. ОГЛЯДОВИЙ РОЗДІЛ

1.1 Характеристика цукрозамінників

Діабет все частіше обговорюють в усьому світі через зростання кількості людей з цим хронічним аутоімунним захворюванням, що характеризується дефіцитом вироблення інсуліну організмом. Цукровий діабет супроводжується комплексними порушеннями обміну речовин, зокрема вуглеводного, білкового та ліпідного. Про це захворювання було відомо ще з давніх часів – його описували медики Стародавнього Єгипту, Месопотамії, античної Греції та Риму, а також лікарі середньовічної Європи й країн Сходу. У світі налічується 463 млн дорослих з діабетом, і прогнози показують, що загальна кількість людей з діабетом зросте до 578 млн у 2030 р. та 700 млн у 2045 р. За медичними рекомендаціями діабетики, як правило, припиняють вживати продукти, що містять цукор, оскільки його споживання пов'язане з виробленням серотоніну, важливого нейромедіатора, пов'язаного, серед інших функцій, з регуляцією сну та настрою. Як альтернатива заміні цукру з'явилися натуральні та штучні підсолоджувачі, які називають штучними підсолоджувачами, спрямовані на повну або часткову заміну цукру [1, 2].

Багато захворювань, включаючи карієс, хронічні запальні захворювання, діабет та ожиріння, пов'язані з неконтрольованим споживанням цукру. Штучні підсолоджувачі широко використовують в харчовій та фармацевтичній промисловості як заміники цукру для профілактики низки стоматологічних та інших захворювань організму; вони також сприятливо впливають на масу тіла, оскільки можуть допомогти обмежити споживання простого цукру [3].

Протягом останнього десятиліття використання штучних підсолоджувачів помітно зросло майже повсюдно у всіх категоріях суб'єктів, включаючи стать, вік, расу/етнічну приналежність, ваговий статус, а також географічні та соціально-економічні підгрупи. Слід зазначити, що використання штучних підсолоджувачів

рекомендують особам, які страждають на кардіометаболічні захворювання, включаючи ожиріння, діабет та серцево-судинні захворювання, велика кількість організацій, що розробляють рекомендації (наприклад, Американська асоціація серця та асоціації діабету в США, Великій Британії, Канаді та Австралії), тоді як їхні потенційні довгострокові побічні ефекти на серцево-судинні захворювання рідко вивчають [4–6].

1.1.1 Ксилітол

Ксиліт – це цукровий спирт, який зазвичай використовують як підсолоджувач. Ксиліт міститься у фруктах та овочах у невеликих кількостях. Деякі з фруктів, що містять ксиліт, це полуниця, малина, банани, жовті сливи, а овочі, що містять ксиліт, включають цвітну капусту, шпинат, моркву, цибулю, білі гриби, баклажани, салат та гарбуз. Він також міститься в листяних деревах, таких як береза та бук, а також у лушпинні та стеблах рослин. Комерційне виробництво ксиліту розширилося завдяки його користі для здоров'я та широкому застосуванню як альтернативного підсолоджувача в харчових продуктах та фармацевтичних продуктах. Оскільки кількість ксилітолу, присутнього в цих природних джерелах, низька, його видобуток з цих джерел є неефективним. Наразі хімічний метод виробництва ксилітолу використовують комерційно для задоволення попиту на ксиліт. У цьому хімічному процесі ксилоза, екстрагована з лігноцелюлозної біомаси, піддається каталітичному гідруванню для отримання ксилітолу. Як альтернатива, для зниження високих виробничих витрат можна використовувати біотехнологічні методи виробництва ксиліту з лігноцелюлозної біомаси. Ксиліт має вигляд білого кристалічного цукру. Він передбачає перетворення ксилози на ксиліт мікробами або ферментами, що є безпечним для навколишнього середовища [3, 7].

У 1891 р. німецький та французький хіміки одночасно відкрили ксиліт. Кілька років по тому кристали ксиліту були успішно очищені, і він широко використовувався як альтернатива цукру під час Другої світової війни, щоб задовольнити гострий дефіцит, що виник під час війни. Ксиліт був визнаний потужним підсолоджувачем після відкриття його властивості не підвищувати

рівень цукру в крові. Такі країни, як Німеччина, Японія та Італія, почали використовувати ксиліт як частину діабетичної дієти. Пізніше, у 1970-х роках, користь ксиліту стала відомою для стоматології. З 1975 р. різні продукти, що замінюють ксиліт, були введені в усьому світі [7–9].

Ксиліт має меншу калорійність (2,4 кал/г) порівняно із сахарозою (4,0 кал/г), але відносна солодкість майже дорівнює сахарозі. Метаболізм ксилітолу не залежить від інсуліну; тому його використовують як безпечний заміник сахарози для пацієнтів з діабетом. У шлунково-кишковому тракті людини 50–75 % спожитого ксилітолу не абсорбується. Цей поліол має значний ефект на поверхні зубів і може зменшити запалення ясен; його використовують як профілактичний засіб проти карієсу завдяки зниженню рівня росту патогенних *Streptococcus mutans* та *Streptococcus sanguis* на дуже ранніх стадіях. Ксиліт може зв'язуватися з іонами кальцію, що призводить до подальшої ремінералізації зубної емалі; він також здатний запобігати остеопорозу. Цей поліол може лікувати захворювання дихальних шляхів та середнього вуха завдяки своєму антибактеріальному та протизапальному потенціалу, а також запобігати деяким захворюванням, які неможливо вилікувати за допомогою антибіотиків або хірургічного втручання. Ксиліт може зменшити запори, діабет, ожиріння та інші синдроми чи захворювання організму; він також виявив свій стимулюючий вплив на травлення та імунну систему. Багато досліджень показують роль ксилітолу у зменшенні частоти респіраторних та середньо-вушних інфекцій. Ксиліт збільшує засвоєння кальцію, тим самим допомагаючи в боротьбі з остеопорозом. Однак, при вживанні у надмірних кількостях, він може викликати деякі побічні ефекти, такі як синдром подразненого кишечника, діарея, нефролітіаз тощо. Для доставки ксилітолу в організм людини використовують різні засоби, але жувальні гумки займають провідне місце. Також ксиліт використовують у виробництві зубних паст [3].

Крім того ксиліт використовують при виробництві шоколаду, твердих цукерок, вафельних начинок, пастили, пектинового желе, начинок для морозива та інших солодоців. Ксиліт володіє деякими властивостями, такими як ремінералізація, утримання вологи, неферментованість, мікробна стабільність,

висока розчинність та пребіотичний ефект. Ксиліт забезпечує гнучкість, приємний та охолоджувальний ефект для кондитерських виробів. У виробництві жувальних гумок на основі ксиліту охолоджувальний ефект посилюється ендотермічною властивістю (34,8 ккал/г) ксиліту. Оскільки він не вступає в мільярдну реакцію, ксиліт не обвуглюється при нагріванні, і завдяки цій властивості він надає харчовим продуктам унікального смаку та кольору. Його використовують для підсолоджування борошна, яке використовують для виготовлення хліба, сухарів та тістечок. Кристалічний ксиліт використовують як шліфувальний матеріал у приготуванні солодошів та кондитерських виробів. Він також використовується в процесі екстракції білка як стабілізуючий агент, оскільки запобігає денатурації білка. Цю властивість ксиліту використовують для збільшення терміну придатності харчових продуктів, тому ксиліт широко відомий як харчовий консервант. У харчовій промисловості ксиліт використовують як стабілізатор, зволожувач, антиоксидант та кріопротектор [7].

1.1.2 Еритритол

Еритритол ($C_4H_{10}O_4$) – це натуральний підсолоджувач, який був схвалений у багатьох країнах для використання як харчова добавка. Нині його широко застосовують в харчовій та фармацевтичній промисловості. У природі еритритол утворюється в невеликих кількостях в алкогольних напоях, грибах, а також у фруктах, зокрема грушах, винограді та кавунах.

Солодкість еритритолу становить приблизно 70 % від солодкості цукру. Після споживання він створює в ротовій порожнині відчуття прохолоди, що зумовлено негативною теплою розчинення, унаслідок чого виникає характерний освіжаючий ефект.

Хімічні властивості еритритолу подібні до властивостей інших цукрових спиртів, однак він вирізняється двома унікальними характеристиками:

- а) має найнижчу енергетичну цінність серед усіх поліолів – близько 0,2 ккал/г;

б) характеризується найшвидшим всмоктуванням у кишечнику та легко виводиться з організму із сечею (приблизно 90 % спожитої кількості), що забезпечує високу допустиму дозу споживання.

Завдяки своїй хімічній структурі еритритол не спричиняє змін рівня інсуліну в крові, тому є придатним для харчування людей із цукровим діабетом. Крім того, еритритол не сприяє розвитку карієсу. Незважаючи на численні переваги, цей підсолоджувач є менш відомим і рідше використовується порівняно з іншими поліолами, що зумовлено відносно високою вартістю [10].

Еритритол складається лише з чотирьох атомів вуглецю і тому має найменшу молекулярну масу серед усіх цукрових спиртів, що пов'язано з дещо відмінними фізичними та хімічними властивостями. Еритритол також є симетричною молекулою і тому існує лише в одній формі – мезоформі.

Еритритол вперше було виділено у 1852 р.. Спектр застосування еритритолу продовжує зростати. Наразі його можна знайти окремо або в поєднанні з іншими поліолами в харчових продуктах, косметичці та фармацевтиці. На сьогоднішній день використання еритритолу в харчових продуктах було схвалено у понад 60 країнах, включаючи Європу, США, Японію, Канаду, Мексику, Бразилію, Аргентину, Туреччину, Китай, Індію, Австралію та Нову Зеландію. У харчовому секторі еритритол в основному використовують як підсолоджувач для збалансування готового продукту з точки зору його сенсорних характеристик, таких як смак, колір та текстура. Тому еритритол можна використовувати для виробництва альтернатив без додавання цукру, зі зниженим вмістом цукру або без цукру. Еритритол як заміник цукру можна знайти як таблетований підсолоджувач, у напоях, жувальній гумці, шоколаді, цукерках та хлібобулочних виробках. Завдяки своїй м'якій солодкості він дозволяє замінити цукор за об'ємом, тоді як, наприклад, сукралоза, яка має набагато вищу солодкість, потребує наповнювачів і навіть тоді має помітно іншу текстуру у випічці. Щодо сукралози, також слід враховувати, що це хімічно синтезована речовина, яка не зустрічається в природі. Як наслідок, вона наразі накопичується в навколишньому середовищі через відсутність достатніх природних механізмів розпаду.

Поліюли широко використовуються в індустрії особистої гігієни, такій як косметика або сектор туалетного приладдя. Вони все частіше включаються як допоміжні речовини у виробництві засобів догляду, таких як зубна паста, ополіскувачі для рота, креми та лосьйони, макіяж, парфуми або дезодоранти. Завдяки своїй зволожувальній функції, а також приємному смаку, солодкості та некарієнгентним властивостям, еритритол можна використовувати як основу для рецептів зубних паст та ополіскувачів для рота. Він надає зубним пастам необхідної в'язкості та зволожувальності. Крім того, еритритол пригнічує ріст *Streptococcus mutans* та діє як засіб, що обмежує карієс, у поєднанні з ксилітом. Крім того, було виявлено, що 3-річне споживання цукерок, що містять еритритол, дітьми віком 7-8 років призвело до зменшення росту зубного нальоту, зниження рівня оцтової кислоти та пропіонової кислоти в зубному нальоті.

Еритритол можна використовувати в широкому спектрі твердих та рідких лікарських форм, включаючи гранульовані порошки, таблетки, оболонки таблеток, зручні для споживача пастилки, лікувальні жувальні гумки, сиропи та, як згадувалося раніше, як засоби для догляду за порожниною рота. Для фармацевтичного використання ключовим є його взаємодія з водою та висока стабільність при температурі та в кислотному або лужному середовищі. Завдяки своїм властивостям еритритол як допоміжна речовина забезпечує хорошу сипучість та стабільність, що робить його ідеальним носієм для активних речовин у пакетиках та капсулах. Все більше активних інгредієнтів отримують з біотехнологічних процесів, які часто є дуже ефективними, але також надзвичайно реакційноздатними. Використання невідновлювального цукру еритритолу замість лактози, яка є найпоширенішим фармацевтичним допоміжним речовиною, дозволяє запобігти небажаній реакції між аміногрупами активної речовини та відновлюваним цукром. Тому лактозу все частіше замінюють еритритолом. Крім того, негігроскопічні поліюли необхідно використовувати, коли потрібно змінити формулу дуже чутливої до води активної речовини [11].

Безпека еритритолу була послідовно продемонстрована в дослідженнях на тваринах і людях. Еритритол має вищу травну толерантність порівняно з усіма

іншими поліолами, оскільки близько 90% спожитого еритритолу легко всмоктується та виводиться з сечею в незміненому вигляді [12].

1.1.3 Стевія

Листя стевії (*Stevia rebaudiana*) містить поживні речовини та фітохімічні речовини, що робить його адекватним джерелом для екстракції та виробництва функціональних харчових інгредієнтів. Доклінічні та клінічні дослідження пропонують терапевтичне та фармакологічне застосування стевії та її екстрактів, оскільки вони не є токсичними та проявляють кілька біологічних активностей. Біологічна активність стевії пов'язана з протидіабетичною, протикаріогенною, антиоксидантною, гіпотензивною, антигіпертензивною, антимікробною, протизапальною та протипухлинною активністю [13].

Стевія ребаудіана Бертоні – це невеликий багаторічний чагарник родини айстрових (*Compositae*), що походить з Парагваю, Бразилії та Аргентини. Листя цієї рослини століттями використовувалося корінним населенням у медицині та для підсолоджування напоїв, таких як мате, зелений трав'яний чай. Вперше увагу решти світу до цієї рослини привернув ботанік Мойсей Сантьяго Бертоні у 1887 р., який дізнався про її властивості від парагвайських індіанців. Хімічна характеристика природних компонентів рослини, відомих як стевіол-глікозид, які відповідають за її характерний солодкий смак, була визначена лише у 1931 р., коли два французькі хіміки, Брідель і Лав'ель, виділили стевіозид, первинний стевіол-глікозид, з листя стевії. Японія була першою країною, яка комерціалізувала та використовувала неочищені екстракти *S. Rebaudiana* у 1970-х роках у великих масштабах. Його використання згодом поширилося на кілька країн Азії та Латинської Америки. У 1990-х роках екстракт стевії був доступний у Сполучених Штатах як харчова добавка в магазинах здорового харчування; однак, як було відомо, ранні рецептури мали смак солодки із солодким або гірким післясмаком, що обмежувало їх широке комерційне поширення. Наявність ефірних олій, танінів та флавоноїдів у неочищених екстрактах частково відповідала за деякі сторонні присмаки; тому були

докладені зусилля для очищення екстрактів та хімічної характеристики стевіолових глікозидів [14].

Після виділення стевіозиду з листя стевії було ідентифіковано та виділено кілька інших стевіолових глікозидів, таких як ребаудіозиди (Reb) A, B, C, D та E, а також дулькозид A. Загалом, найпоширенішими стевіоловими глікозидами в листі стевії є стевіозид (4–13 %), ребаудіозид A (2–4 %) та ребаудіозид C (1–2 %) [15]. На сьогоднішній день ідентифіковано >40 стевіолових глікозидів (наприклад, ребаудіозиди F, G, H, I, J, K, L, M, N, O та Q; стевіозид A, D та E тощо) [16].

Рослина стевія зараз комерційно культивується в Аргентині, Бразилії, Колумбії, Парагваї, Китаї, Японії, Малайзії, Південній Кореї, В'єтнамі, Ізраїлі, Австралії, Кенії та Сполучених Штатах. Високочисті стевіол-глікозидні речовини схвалені як підсолоджувачі всіма основними регуляторними органами по всьому світу, і понад 150 країн схвалили або прийняли їх використання в харчових продуктах та напоях. Ребаудіозид A був першою комерційною стевіол-глікозидною речовиною, випущеним на ринок [17].

Всмоктування, метаболізм та виведення стевіолових глікозидів були ретельно досліджені багатьма науковими установами та експертами, включаючи Європейське агентство з безпеки харчових продуктів. Стевіолові глікозиди не перетравлюються у верхніх відділах шлунково-кишкового тракту. Вони гідролізуються або розкладаються лише тоді, коли вступають у контакт з мікробіотою в товстій кишці, яка розщеплює глікозидні зв'язки, видаляючи цукрові фрагменти, залишаючи стевіольний каркас, який абсорбується системно, глюкуронується в печінці та виводиться з організму людей із сечею [18].

Кишкова мікробіота людей, гризунів та хом'яків здатна розкласти стевіозид до стевіолу. Вивільнені цукрові фрагменти не абсорбуються та, найімовірніше, швидко використовуються кишковими мікробами як джерело енергії, що робить його підсолоджувачем з нульовою калорійністю. Модель кишкового бар'єру *in vitro* показала, що транспорт стевіозиду та Reb A через моношари дуже низький, тоді як абсорбційний транспорт стевіолу високий, що свідчить про те, що стевіол не метаболізується кишковою мікробіотою та абсорбується з кишечника. Види

Bacteroides в першу чергу відповідають за гідроліз стевіолових глікозидів у кишечнику завдяки своїй β -глюкозидазній активності.

Дані досліджень *in vitro* узгоджуються з дослідженнями метаболізму людини, які не виявили жодної виявленої присутності глікозидів у плазмі, що свідчить про відсутність поглинання з кишечника та незначну кількість або відсутність стевіозиду чи Reb A у сечі. Ці дослідження також показали, що стевіол швидко всмоктується та транспортується до печінки, де він кон'югується з глюкуроною кислотою з утворенням глюкуроніду стевіолу, який у людини виводиться із сечею [19–25].

1.1.4 Інулін із цикорію

Цикорій (*Cichorium intybus* L.) – широко поширена рослина родини айстрових. Вона використовується для лікування багатьох захворювань, пов'язаних із серцем, нирками та печінкою. Цикорій відомий тим, що виробляє унікальне волокно інулін у коренях, і коріння містить ~15–20 % інуліну. Клітковина інуліну отримала значну увагу як джерело клітковини у функціональній харчовій та фармацевтичній промисловості. Інулін використовують як розчинну харчову клітковину, жир, підсолоджувач, стабілізатор. Інулін має будівельні блоки цукру (до 90 моносахаридів), а промисловий олігофруктан виробляють з інуліну цикорію. Інулін та олігофруктани – це пребіотики, які допомагають запобігти інфекціям травного тракту, а також підтримують імунну систему [26].

Цикорій багатий на фітохімічні складові від кореня до квіток, а також містить велику кількість сесквітерпенових лактонів, флавоноїдів та антоціанових пігментів. Сесквітерпенові лактони, що містяться переважно в цикорії, це лактуцин, лактукопикрин та 8-дезоксилактуцин, і саме вони відповідають за гіркий смак цикорію, а також він містить кавову, хлорогенову, неохлорогенову, 3-ферулоїлхінін, 3-п-кумароїлхінін, моно-кофеїлвінну, ди-кофеїлвінну та ферулову кислоти у значному відсотку. Листя цикорію також містить поліаміни, такі як путресцин та спермідин, а флавоноїди, присутні в цикорії, – це кумарини, такі як ескулетин (6,7-дигідрокумарин), умбеліферон, скополетин та цихорин (ескулетин 7-O- β -D-

глюкозид). Ескулін виробляється в культурах волосистих коренів та листя *Cichorium intybus* L. Ескулін – це глюкозилкумарин, відомий своїм захисним впливом на шкіру, а також активністю вітаміну Р. Гідролізований ескулін діє як важливий мікробіологічний маркер для виявлення певних бактерій, таких як *Yersinia*, *Clostridium thermocellum*, *Enterococci* sp., *Listeria* sp. Та *Yersinia enterocolitica*, а також грибів (диференціальна ізоляція). Крім того, безклітинний екстракт квіткових головок цикорію перетворює цикорій на ескулін.

Відомо, що коріння містить ізохлорогенову кислоту, поліацетилени (у вигляді понтікаепоксиду), фруктани (переважно інулін) та вільну фруктозу. Цикорій також містить цитокінін, рибозилзеатин та нуклеотидний цукор, уридин-5'-дифосфоглюкозу. Також у цикорії наявні гваянолідний фітоалексин, цикоралексин та конденсовані таніни. Вуглеводи, присутні в коренях, включають серію фруктоолігосахаридів та глюкофруктозанів між сахарозою та інуліном, окрім глюкози та фруктози. Інулін – це лінійний полімер β -2,1-зв'язаних фруктозильних одиниць з однією кінцевою глюкозою, і під час зберігання інулін, присутній у коренях, перетворюється на інулід і, зрештою, на фруктозу завдяки наявності ферменту інулокоагулази, який коагулює інулін у кореневому соку [26].

Інулін – це розчинна клітковина, яка міститься в багатьох рослинах і складається з фруктанів (ланцюгів молекул фруктози). У доісторичні часи люди споживали набагато більше інуліну, ніж сьогодні. Молекули пов'язані таким чином, що не можуть розщеплюватися в тонкому кишечнику; натомість вони живлять корисні бактерії в нижньому відділі кишечника. Інулін під дією бактерій перетворюється на коротколанцюгові жирні кислоти, які живлять клітини товстої кишки. У харчовій промисловості виробники додають інулін до оброблених продуктів, щоб покращити їх стан здоров'я та збільшити вміст пребіотиків, змінити текстуру їжі та замінити вміст жиру та цукру. Використання кореня цикорію не є новим, оскільки воно використовується з незапам'ятних часів; його використовують як для приготування їжі, так і в лікувальних цілях, і його вважають безпечним для більшості людей. Люди можуть використовувати його несвідомо, оскільки його використовують як добавку в упаковці функціональних харчових продуктів в

харчовій промисловості як підсолоджувальна добавка або в нативній формі (незмінній), або у зміненій формі (обробленій хімічно для підвищення солодкості). Сироп, багатий на фруктозу, можна приготувати шляхом кислотного гідролізу водного екстракту кореня, який можна використовувати як підсолоджувач, особливо для діабетиків. Зріле коріння обсмажують, перемелюють і змішують з кавою для отримання «французької кави» (65 % кави та 35 % цикорію).

Трансгенні дослідження інуліну широко визнані. У цикорії довжина ланцюга інуліну варіюється в різні сезони, а також у різних сортів. Корінь цикорію дуже часто обробляють для екстракції інуліну, а потім використовують для збільшення вмісту клітковини або як замітник жиру чи цукру завдяки його солодкому смаку та желуючим властивостям. Цикорій доступний у магазинах у вигляді цілого кореня для вживання як овоч або у вигляді смаженого меленого цикорію, який можна вживати як насичений напій з кофеїном. Однак було висловлено припущення, що природний інулін є більш переносимим. Стандартна переносима доза інуліну в багатьох дослідженнях становить 10 г на день, але також пропонується вища кількість для змінених або нативних інулінів [27]. Однак, рекомендована загальна доза кореня цикорію для людей ще не встановлена. Крім того, людям з алергією на пилок берези або амброзії слід уникати цикорію, оскільки він може викликати подібні реакції. Корінь цикорію може бути перспективним засобом проти гіперурикемії, оскільки він сприяє нирковому виведенню уратів, пригнічуючи їх реабсорбцію [28–31].

Висновки за розділом

Зростання поширеності цукрового діабету, ожиріння та інших кардіометаболічних порушень обумовлює актуальність пошуку альтернатив сахарозі у харчових технологіях. Обмеження споживання цукру є важливим профілактичним підходом, а використання підсолоджувачів і цукрозамінників дає змогу зменшити глікемічне навантаження раціону та створювати продукти для

споживачів із особливими харчовими потребами, зокрема для людей з діабетом, надлишковою масою тіла або підвищеним ризиком карієсу. Разом із тим, зростання масштабів застосування підсолоджувачів потребує їх ґрунтовної наукової характеристики з позицій безпечності, фізіологічної дії та технологічної доцільності.

Розглянуті у підрозділах 1.1.1–1.1.4 цукрозамінники мають різну природу та функціональне призначення, що визначає напрями їх використання у виробництві борошняних кондитерських виробів. Ксилітол як поліол поєднує солодкість, близьку до сахарози, із нижчою калорійністю та некарієсогенністю, проте може мати послаблювальний ефект за надмірного споживання. Еритритол вирізняється найнижчою енергетичною цінністю серед поліолів, високою травною толерантністю та придатністю для діабетичного харчування, а також технологічною здатністю формувати «цукровий» смак та об'єм у рецептурі. Стевія як високоінтенсивний природний підсолоджувач забезпечує нульову калорійність і потенційні біологічні ефекти, однак її використання може обмежуватися характерним післясмаком, що потребує грамотного підбору дозування та композицій. Інулін із цикорію, будучи розчинною харчовою клітковиною та пребіотиком, виконує не лише підсолоджувальну, а й структуроутворювальну функцію, підвищує нутрієнтну цінність виробів і може частково заміщувати цукор і жир, формуючи функціональні властивості продукту. Таким чином, цукрозамінники є важливими інгредієнтами для створення кондитерських виробів зі зниженою кількістю цукру та/або підвищеною функціональною цінністю, а їх вибір має здійснюватися з урахуванням як фізіологічних ефектів, так і впливу на смак, текстуру та стабільність готової продукції.

2 ДОСЛІДНИЦЬКО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є технологічний процес виробництва печива цукрового. Предмет дослідження – органолептичні показники якості та реологічні властивості печива цукрового. Метою роботи є розроблення рецептури печива цукрового з використанням цукрозамінників.

Для досягнення зазначеної мети поставлені наступні задачі:

1. Виготовити дослідні зразки цукрового печива з використанням ксилітолу, екстракту стевії, еритритолу та інуліну з цикорію;
2. Провести органолептичну оцінку готових виробів;
3. Визначити вологість та реологічні властивості дослідних зразків печива цукрового.

Компонентний склад дослідних зразків печива цукрового наступний: борошно пшеничне вищого сорту ТМ «Дніпромлин», пудра цукрова ТМ «Manik», молоко питне ультрапастеризоване ТМ «Галичина», маргарин столовий ТМ «Щедро», інвертний цукровий сироп ТМ «Cristalco», крохмаль кукурудзяний ТМ «Сто Пудів», сіль ТМ «Артемсіль», яйця курячі ТМ «Ясенвіт», сода харчова ТМ «Розумний вибір». Використано наступні цукрозамінники (рис. 2.1): ксилітол ТМ «Natura Vena», екстракт стевії ТМ «SteviaSun», еритритол ТМ «Fruity Yummy» та інулін з цикорію ТМ «Fruity Yummy».



Рисунок 2.1 – Цукрозамінники, використані у дослідженні:
1 – ксилітол, 2 – екстракт стевії; 3 – еритритол, 4 – інулін з цикорію

Якість компонентів, які використовували для виготовлення зразків цукрового печива, відповідала вимогам діючих нормативних документів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Відповідність якості компонентів, використаних у дослідженні, вимогам діючих нормативних документів

№ з/п	Компонент	Нормативна документація, якій повинні відповідати компоненти
1	Борошно пшеничне вищого сорту	ГСТУ 46.004–99 «Борошно пшеничне. Технічні умови», ТУ У 00951706-002-97
2	Крохмаль кукурудзяний	ДСТУ 3976–2000 «Крохмаль кукурудзяний сухий. Технічні умови»
3	Пудра цукрова	ДСТУ 4623:2023 «Цукор. Технічні умови»
4	Маргарин столовий	ДСТУ 4465 «Маргарин. Загальні технічні умови»
5	Молоко питне	ДСТУ 2661:2010 «Молоко коров'яче питне. Загальні технічні умови»
6	Яйця курячі харчові столові	ТУ У 01.2-05477066-001:2008
7	Сода харчова	ТУ У 10.8-30664064-006:2015

На рис. 2.2 представлено обладнання, яке використовували для виготовлення дослідних зразків печива зтяжного.

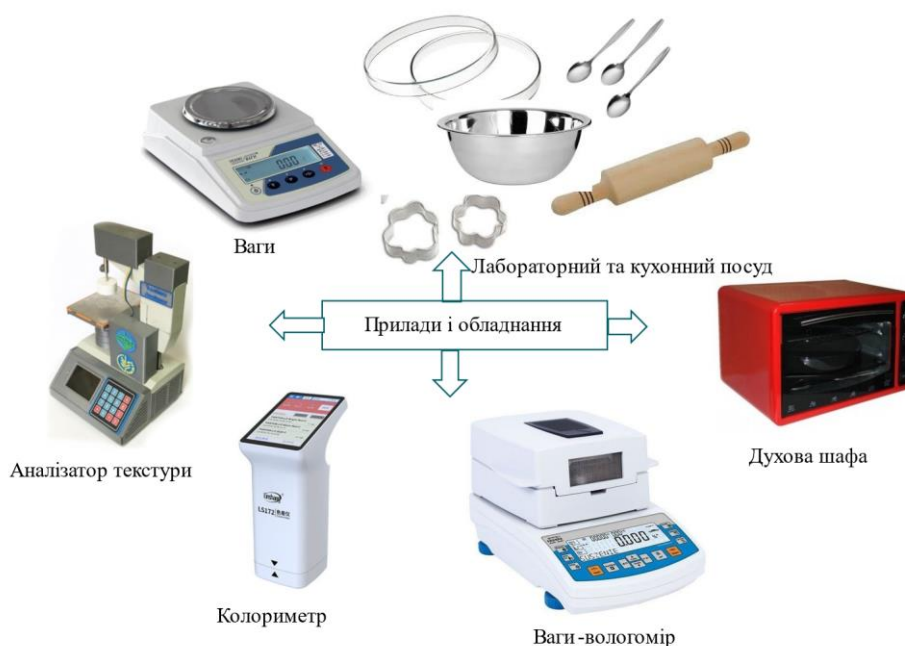


Рисунок 2.2 – Устаткування, застосоване в дослідженні

Прототип – типова рецептура печива цукрового «До чаю». Для формування рецептури дослідних зразків у рецептурі контролю повністю замінювали пудру цукрову на цукрозамінники (ксилітол, екстракт стевії, еритритол, інулін з цикорію).

Отримано 5 зразків печива цукрового:

- 1) зразок №1 – контрольний зразок;
- 2) зразок №2 – із заміною цукрової пудри на ксилітол;
- 3) зразок №3 – із заміною цукрової пудри на екстракт стевії;
- 4) зразок №4 – із заміною цукрової пудри на еритритол;
- 5) зразок №5 – із заміною цукрової пудри на інулін з цикорію.

Процес виготовлення дослідних зразків цукрового печива здійснювався за такою методикою. Спершу зважували попередньо підготовлені інгредієнти відповідно до рецептури (табл. 2.2). Цукрозамінники додавали замість пудри цукрової за рекомендаціями виробника, тобто ксилітол, еритритол та інулін з цикорію у співвідношенні 1:1, а 1 г екстракту стевії замінювали 15 г цукрової пудри. Потім борошно, пудру цукрову або цукрозамінники, крохмаль і соду просіяли, після чого поміщали їх у ємність для змішування тіста. До сухих інгредієнтів додавали маргарин, інвертний сироп, меланж, молоко, воду. Кількість води розраховували за стандартною методикою, виходячи на бажану вологість тіста 18 %. Тісто перемішували до утворення однорідної консистенції, придатної для формування тістових заготовок (рис. 2.3). На наступному етапі тісто розкачували до товщини 5 мм. Потім за допомогою форм для печива вирізали заготовки, які зображені на рис. 2.4. Перед випіканням духову шафу прогрівали до температури 200 °С, заготовки викладали на деко, вкрите пергаментом. Випікали 10 хв.

Таблиця 2.2 – Рецептурні співвідношення дослідних зразків печива цукрового на 100 г готового продукту

Компоненти, г	№ дослідного зразка				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Борошно пшеничне вищого сорту	100	100	100	100	100

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4	5	6
Пудра цукрова	33	-	-	-	-
Ксилітол	-	33	-	-	-
Екстракт стевії	-	-	2,2	-	-
Еритритол	-	-	-	33	-
Інулін з цикорію	-	-	-	-	33
Меланж	7,48	7,48	7,48	7,48	7,48
Крохмаль кукурудзяний	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
Молоко	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
Інвертний сироп	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Вода питна	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57
Сіль	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Сода харчова	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Амоній	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13



Рисунок 2.3 – Тісто для виготовлення печива цукрового, передбаченого дослідженням



Рисунок 2.4 – Тістові заготовки дослідних зразків печива цукрового

У процесі визначення органолептичних показників якості дослідних зразків цукрового печива орієнтувалися на ДСТУ 3781:2014 «Печиво. Загальні технічні умови». Реологічні властивості готових виробів визначали за допомогою пенетрометра (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Визначення реологічних властивостей дослідних зразків печива

Висновки за розділом

Наведені у розділі матеріали свідчать про цілеспрямований і науково обґрунтований підхід до розроблення рецептури цукрового печива з використанням цукрозамінників замість традиційної цукрової пудри. Визначено об'єкт і предмет дослідження, сформульовано мету та комплекс задач, які дослідження органолептичних та реологічних властивостей готових продуктів. Добір компонентів для дослідних зразків ґрунтується на використанні сировини вітчизняних виробників з підтвердженою відповідністю вимогам чинних стандартів і технічних умов, що забезпечує репрезентативність результатів та можливість їх подальшого впровадження у виробничу практику.

Формування п'яти рецептурних варіантів печива – контрольного та чотирьох дослідних, у яких пудру цукрову замінили на цукрозамінники, дозволяє комплексно оцінити вплив сировинного складу на якісні показники продукції.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

У таблиці 3.1 наведено результати визначення органолептичних показників якості контрольного і дослідних зразків печива (рис. 3.1) із використанням цукрозамінників.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд зразків печива цукрового (зліва на право): 1 – контрольний зразок (із використанням пудри цукрової); 2 – із використанням ксилітолу; 3 – із використанням екстракту стевії; 4 із використанням еритритолу; 5 – із використанням інуліну з цикорію

Контрольним зразком було печиво цукрове «До чаю» з використанням цукрової пудри. Наведена табл. 3.1 відображає порівняльну органолептичну оцінку якості дослідних зразків цукрового печива залежно від виду використаного цукрозамінника. Усі зразки печива мали правильну форму без деформацій, з фігурними краями, що відповідають формі, та без механічних пошкоджень. Це свідчить про стабільність процесу формування тіста та коректно підібрані реологічні властивості для всіх рецептур. Поверхня більшості зразків була гладкою та не пригорілою, що відповідає вимогам ДСТУ. Водночас у зразка №4 (еритритол) зафіксовано наявність кристалів нерозчиненого цукрозамінника, що може вказувати на недостатню розчинність еритритолу в даних технологічних умовах і потребує коригування рецептури або режимів замішування.

Таблиця 3.1 – Органолептичні показники якості дослідних зразків печива цукрового

№ зразка	Назва показника				
	Форма	Поверхня	Колір	Смак та запах	Вид в розломі
Зразок №1	Без вм'ятин, з фігурними краями, що відповідають формі, без пошкоджень	Гладка, не пригоріла, без вкраплень крихт з незначними тріщинами	Рівномірний, світло-жовтий	Властиві цукровому печиву, без сторонніх запахів і присмаків	Пропечене, рівномірне пористість, без пустот і слідів непромішування
Зразок №2	Без вм'ятин, з фігурними краями, що відповідають формі, без пошкоджень	Гладка, не підгоріла, без вкраплень крихт, з дрібними тріщинами	Світло-жовтий з темнішими вкрапленнями	Властиві цукровому печиву, з легким присмаком ментолу	Пропечене, рівномірне пористість, без пустот та слідів непромішування
Зразок №3	Без вм'ятин, з фігурними краями, що відповідають формі, без пошкоджень.	Гладка, не пригоріла, без вкраплень крихт, з дрібними тріщинами, присутні нерівності	Світло-жовтий, рівномірний	Властиві виробу, неприємний післясмак	Пропечене, пористість рівномірне, без слідів непромішування та пустот
Зразок №4	Без вм'ятин, з фігурними краями, що відповідають формі, без пошкоджень.	Гладка, не підгоріла, наявні вкраплення кристалів нерозчиненого цукрозаміннику	Рівномірно кремовий	Властиві виробу, з легким післясмаком свіжості	Пропечене, рівномірне пористість, без пустот та слідів непромішування
Зразок №5	Без вм'ятин, з фігурними краями, що відповідають формі, без пошкоджень.	Гладка, не підгоріла, без вкраплень крихт	Рівномірно кремовий	Характерні даній сировині, приємний смак	Пропечене, пористість рівномірне, без пустот та слідів непромішування

За кольором контрольний зразок №1 та зразки №2 і №3 характеризувалися світло-жовтим забарвленням, тоді як зразки №4 і №5 мали рівномірний кремовий колір, що може бути привабливішим для споживача. Найбільш суттєві відмінності виявлено за показником смаку та запаху. Зразок №2 (ксилітол) мав легкий ментоловий присмак, типовий для цього підсолоджувача, який може бути прийнятним не для всіх споживачів. Зразок №3 (екстракт стевії) характеризувався неприємним післясмаком, що негативно впливає на загальну органолептичну оцінку. Зразок №4 (еритритол) теж мав післясмак. Натомість зразок №5 (інулін з цикорію) мав приємний або нейтральний смак, без сторонніх запахів та присмаків.

Усі дослідні зразки у розломі були добре пропеченими, з рівномірною пористістю, без пустот і слідів непромішування, що свідчить про правильний перебіг процесу випікання незалежно від виду цукрозамінника.

Загалом результати органолептичної оцінки показують, що найбільш збалансованими за сукупністю показників є зразки №1 (контроль) та №5 (інулін з цикорію). Зразок зі стевією поступається іншим через виражений післясмак, а зразки з ксилітолом та еритритолом мали специфічний смаковий відтінок, який може обмежувати його споживчу привабливість.

Окрім візуальної оцінки кольору дослідних зразків печива зтяжного провели колориметричний аналіз зразків за допомогою колориметра Linshang LS173 (табл. 3.2) у системі CIELAB, що дозволив об'єктивно охарактеризувати вплив різних видів цукрозамінників на забарвлення виробів після термічної обробки.

Таблиця 3.2 – Результати визначення кольору дослідних зразків печива цукрового

Назва показника	Дослідний зразок №1	Дослідний зразок №2	Дослідний зразок №3	Дослідний зразок №4	Дослідний зразок №5
Колір					
L	70,16	63,61	66,82	55,89	66,92
A	9,16	11,65	1,78	14,71	11,37
B	33,82	29,17	20,94	28,59	30,09

Результати колориметричного аналізу свідчать, що використання різних цукрозамінників істотно впливає на колірні характеристики готових виробів. Контрольний зразок №1 має найвище значення світлоти L^* (70,16), що відповідає світлому, традиційному для цукрового печива забарвленню. Значення показників a^* (9,16) та b^* (33,82) вказують на помірно виражений червонуватий і жовтий відтінки, характерні для виробів з використанням цукрової пудри.

У зразку №2 (з ксилітолом) спостерігається зменшення світлоти ($L^*=63,61$) та підвищення показника a^* (11,65), що свідчить про більш інтенсивний червонуватий тон. Одночасно зниження значення b^* (29,17) вказує на менш виражений жовтий компонент порівняно з контролем. Зразок №3 (з екстрактом стевії) характеризується відносно високою світлотою ($L^*=66,82$), але мінімальним значенням a^* (1,78), що свідчить про практично відсутній червоний відтінок, та суттєвим зменшенням жовтого компонента ($b^*=20,94$). Це зумовлює більш бліде, менш насичене забарвлення виробів.

Найменше значення світлоти зафіксовано у зразка №4 ($L^*=55,89$), збагаченого еритритолом, що відповідає більш темному кольору печива. Водночас цей зразок має найвище значення показника a^* (14,71), тобто найбільш виражений червонуватий відтінок, та відносно високий рівень жовтого компонента ($b^* = 28,59$), що формує насичене кремowo-золотисте забарвлення. Зразок №5 (з інуліном з цикорію) характеризується високою світлотою ($L^*=66,92$), близькою до контролю, та збалансованими значеннями a^* (11,37) і b^* (30,09), що забезпечує привабливий, рівномірно кремowий колір.

Загалом результати свідчать, що застосування цукрозамінників змінює світлоту та спектральний склад кольору цукрового печива. Найбільш наближений до контрольного за показником світлоти є зразок з інуліном, тоді як використання еритритолу призводить до формування більш темного та насиченого забарвлення. Такі зміни можуть розглядатися як індивідуальна органолептична особливість виробів без цукру та враховуватися при виборі оптимальної рецептури для впровадження у виробництво.

Для оцінювання готових виробів було проведено дегустацію, під час якої здійснювали оцінку за такими параметрами: форма, поверхня, колір, смак, запах і вигляд у розломі. Результати середньої бальної оцінки представлені у таблиці 3.3. У процесі оцінювання використовували наступні коефіцієнти вагомості: для смаку – 3, для запаху – 2, для вигляду у розломі – 2, для кольору – 1, для поверхні – 1, для форми – 1. Органолептичний профіль печива зтяжного наведений на рис. 3.2. На основі значення загальної органолептичної оцінки побудовано гістограму (рис. 3.3).

Таблиця 3.3 – Органолептичні показники якості зразків печива зтяжного

№	Показник	Дослідні зразки печива				
		1	2	3	4	5
1	Форма	5	5	4	5	5
2	Поверхня	5	4	4	3	5
3	Колір	5	4	4	5	5
4	Запах	5	5	5	5	5
5	Смак	5	4	3	4	5
6	Вид у розломі	5	5	4,6	5	5
Загальна органолептична оцінка		50,00	45,00	40,20	45,00	50,00



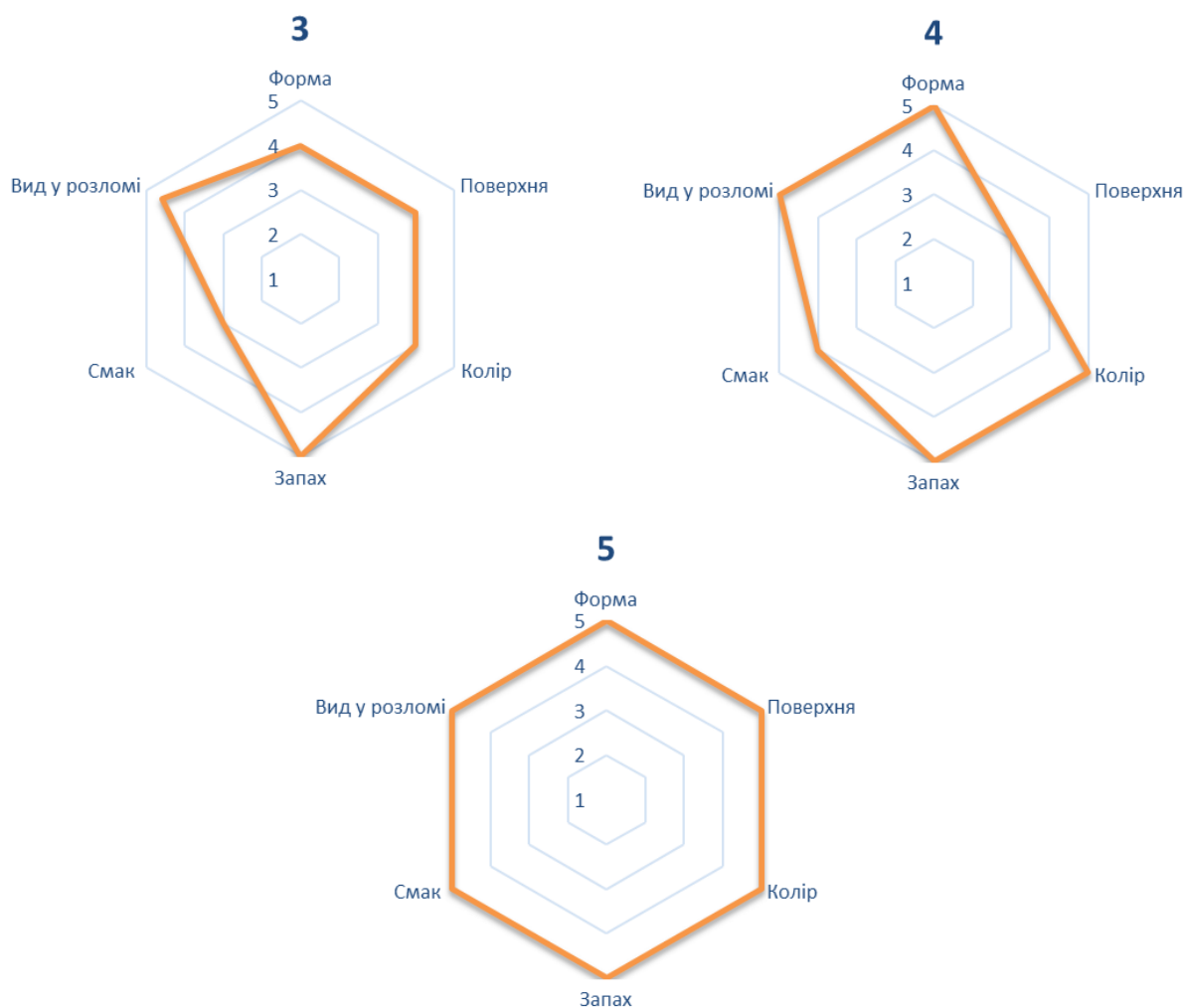


Рисунок 3.2 – Органолептичний профіль зразків печива цукрового



Рисунок 3.3 – Загальна органолептична оцінка

Проведена органолептична оцінка дослідних зразків цукрового печива показала, що всі виготовлені вироби загалом відповідають вимогам до якості за основними сенсорними показниками. Використання зважених коефіцієнтів вагомості дозволило об'єктивно врахувати пріоритетність смаку та запаху як ключових характеристик споживчої привабливості печива.

За результатами дегустації найвищу загальну органолептичну оцінку (50,00 бала) отримали зразки №1 та №5, що свідчить про оптимальне поєднання форми, поверхні, кольору, смаку, запаху та вигляду у розломі. Зразки №2 та №4 набрали дещо меншу, але достатньо високу сумарну оцінку (45,00 балів), зберігаючи добрі органолептичні властивості. Найнижчу загальну оцінку мав зразок №3 (40,20 бали), що зумовлено зниженням балів за смак і поверхню, хоча інші показники залишалися на прийнятному рівні.

Отримані результати підтверджують, що застосування цукрозамінників у рецептурі печива цукрового можливе без суттєвого погіршення його органолептичних характеристик, а окремі варіанти рецептур здатні забезпечити споживчі властивості, співставні або рівноцінні контрольному зразку. Це створює передумови для подальшого впровадження таких виробів у виробництво з урахуванням вимог до продуктів з пониженим вмістом цукру.

У табл. 3.4 наведені результати визначення вологості дослідних зразків печива із використанням різних цукрозамінників.

Таблиця 3.4 – Результати визначення вологості дослідних зразків печива цукрового

Назва показника	Дослідний зразок №1	Дослідний зразок №2	Дослідний зразок №3	Дослідний зразок №4	Дослідний зразок №5
Масова частка води, %	15,08	17,355	16,05	9,78	9,11

За даними табл. 3.4 встановлено, що масова частка води у дослідних зразках печива суттєво варіює залежно від виду використаного цукрозамінника.

Контрольний зразок №1 характеризувався вмістом води 15,08 %, що відповідає типовим значенням для цукрового печива. Найвищу масову частку води зафіксовано у зразка №2 (17,355 %) та зразка №3 (16,05 %), що може бути пов'язано з гігроскопічними властивостями ксилітолу та особливостями рецептури зі стевією, які сприяють утриманню води у структурі виробу.

Найнижчі показники вологості характерні для зразків №4 (9,78 %) та №5 (9,11 %), виготовлених із використанням еритритолу та інуліну з цикорію відповідно. Зменшення вмісту води в цих зразках свідчить про формування більш сухої та крихкої структури печива, що може позитивно впливати на його хрусткі властивості та подовження терміну зберігання. Водночас надмірне зниження вологості може потребувати коригування технологічних параметрів з метою запобігання надмірній ламкості виробів. Загалом отримані результати підтверджують, що вибір цукрозамінника суттєво впливає на вологовміст печива і, відповідно, на його структурно-механічні та споживчі характеристики.

Досліджені реологічні властивості дослідних зразків печива цукрового (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Результати аналізу профілю текстури печива

Показник	Од. виміру	Зразок №1 Цукор	Зразок №2 Ксилітол	Зразок №3 Стевія	Зразок №4 Еритритол	Зразок №5 Інулін
1	2	3	4	5	6	7
Твердість (Hardness)	Н	38,5	41,2	44,8	62,6	58,3
Здатність до руйнування (Fracturability)	Н	29,4	31,8	35,6	48,9	45,1
Стійкість (Resilience)	–	0,36	0,34	0,32	0,26	0,28
Індекс пружності (Springiness)	–	0,78	0,75	0,73	0,66	0,69
Когезивність (Cohesiveness)	–	0,61	0,58	0,55	0,46	0,50

1	2	3	4	5	6	7
Виправлена когезивність (Corrected Cohesiveness)	–	0,54	0,51	0,49	0,41	0,45
Жувальність (Chewiness)	H	18,3	18,0	18,0	19,0	20,1
Виправлена жувальність (Corrected Chewiness)	H	16,2	15,8	16,0	16,9	18,1

Аналіз реологічних властивостей цукрового печива, визначених методом текстурного аналізу при подвійному стиску, свідчить про суттєвий вплив виду підсолоджувача та пов'язаної з ним вологості на формування структури готового виробу. Контрольний зразок №1, виготовлений за типовою рецептурою з цукром, характеризується найменшою твердістю (38,5 Н), що обумовлено доброю розчинністю сахарози, її пластифікувальним ефектом та підвищеною вологістю виробу. Аналогічні умови формування структури спостерігаються у зразках №2 і №3, однак заміна цукру на ксилітол і екстракт стевії призводить до поступового зростання твердості до 41,2 і 44,8 Н відповідно. Це пояснюється меншою здатністю цих підсолоджувачів до утримання вологи та формування однорідної аморфної фази, внаслідок чого структура печива стає більш ущільненою.

Найвищі значення твердості зафіксовано для зразків №4 і №5 з еритритолом та інуліном – 62,6 і 58,3 Н відповідно. Такий результат зумовлений істотно нижчою вологістю цих зразків, а також специфікою структуроутворення. Еритритол схильний до кристалізації, що сприяє формуванню жорсткої, ламкої матриці, тоді як інулін, маючи властивості харчового волокна, підвищує щільність та механічну міцність виробу за рахунок утворення псевдогелевої сітки.

Здатність до руйнування змінюється аналогічно твердості: мінімальні значення характерні для зразка з цукром (29,4 Н), а максимальні – для зразка з еритритолом (48,9 Н) та інуліном (45,1 Н). Це свідчить про те, що печиво з традиційною рецептурою руйнується при менших навантаженнях і має менш крихку структуру, тоді як зразки з еритритолом та інуліном потребують значно більшої сили для ініціювання руйнування, що відповідає відчуттю сухості та ламкості під час споживання.

Показник стійкості поступово зменшується від зразка №1 (0,36) до зразка №4 (0,26), що вказує на зниження здатності продукту відновлювати форму після першого стиску. Для печива з цукром і ксилітолом характерна вища пружно-в'язка поведінка, тоді як у разі використання еритритолу та інуліну структура стає більш крихкою та менш еластичною. Зразок з інуліном має дещо вищу стійкість (0,28) порівняно з еритритолом, що пояснюється здатністю інуліну частково утримувати воду та пом'якшувати структуру.

Подібна тенденція простежується і для індексу пружності. Найвище значення *springiness* зафіксовано у контрольного зразка (0,78), що свідчить про кращу здатність печива відновлювати геометричні параметри між стисками. При заміні цукру на ксилітол і стевію індекс пружності знижується до 0,75 і 0,73, а у випадку еритритолу досягає мінімального значення 0,66. Це означає, що печиво з еритритолом після деформації відновлюється найгірше, що узгоджується з його підвищеною крихкістю. Інουλін дещо покращує цей показник (0,69), формуючи більш зв'язану структуру порівняно з еритритолом.

Когезивність і виправлена когезивність також демонструють чітку залежність від рецептури. Максимальні значення когезивності характерні для зразка з цукром (0,61), що свідчить про високу внутрішню зв'язність структури та здатність витримувати повторне стискання. При використанні ксилітолу і стевії цей показник зменшується до 0,58 і 0,55 відповідно, що вказує на часткове ослаблення міжчасткових зв'язків. Найменша когезивність спостерігається у зразка з еритритолом (0,46), що є наслідком кристалічної природи підсолоджувача і нерівномірного розподілу напружень у матриці. Інулін забезпечує дещо вищу когезивність (0,50) порівняно з еритритолом, оскільки виконує роль структуроутворювача та частково компенсує втрату зв'язності.

Жувальність, як інтегральний показник, враховує твердість, когезивність та пружність, тому її значення відображають комплексний характер структурних змін. Для зразків №1–3 значення жувальності практично однакові (18,0–18,3 Н), що свідчить про близькі енергетичні витрати на пережовування. У зразка з еритритолом жувальність зростає до 19,0 Н, а максимального значення вона досягає

у зразка з інуліном (20,1 Н), що пов'язано з поєднанням високої твердості та відносно кращої зв'язаності структури. Аналогічна тенденція характерна і для виправленої жувальності, де найменші значення спостерігаються у зразків з ксилітолом і стевією, а найбільше – у печива з інуліном.

Отже, порівняльний аналіз показує, що заміна цукру на різні підсолоджувачі суттєво змінює реологічні властивості печива. Найбільш наближені до контрольного зразка за комплексом показників є зразки з ксилітолом і стевією, тоді як використання еритритолу та інуліну призводить до формування більш твердих, крихких і менш пружних виробів, що необхідно враховувати при оптимізації рецептур і технологічних параметрів виробництва.

Висновки за розділом

1. Виготовлено 5 дослідних зразків цукрового печива: контрольний, і дослідні на основі цукрозамінників – ксилітолу, екстракту стевії, еритритолу та інуліну з цикорію.

2. Результати органолептичної оцінки показали, що найбільш збалансованими за сукупністю показників є зразки №1 (контроль) та №5 (інулін з цикорію). Зразок зі стевією поступався іншим через виражений післясмак, а зразки з ксилітолом та еритритолом мали специфічний смаковий відтінок, який може обмежувати його споживчу привабливість. Застосування цукрозамінників змінило світлоту та спектральний склад кольору цукрового печива. Найбільш наближеним до контрольного за показником світлоти був зразок з інуліном, тоді як використання еритритолу призвело до формування більш темного та насиченого забарвлення. Такі зміни можуть розглядатися як індивідуальна органолептична особливість виробів без цукру та враховуватися при виборі оптимальної рецептури для впровадження у виробництво.

Проведена органолептична оцінка дослідних зразків цукрового печива показала, що всі виготовлені вироби загалом відповідають вимогам до якості за

основними сенсорними показниками. За результатами дегустації найвищу загальну органолептичну оцінку отримали зразки №1 та №5, що свідчить про оптимальне поєднання форми, поверхні, кольору, смаку, запаху та вигляду у розломі. Зразки №2 та №4 набрали дещо меншу, але достатньо високу сумарну оцінку, зберігаючи добрі органолептичні властивості. Найнижчу загальну оцінку мав зразок №3, що зумовлено зниженням балів за смак і поверхню, хоча інші показники залишалися на прийнятному рівні. Отримані результати підтвердили, що застосування цукрозамінників у рецептурі печива цукрового можливе без суттєвого погіршення його органолептичних характеристик, а окремі варіанти рецептур здатні забезпечити споживчі властивості, співставні або рівноцінні контрольному зразку. Це створює передумови для подальшого впровадження таких виробів у виробництво з урахуванням вимог до продуктів з пониженим вмістом цукру.

3. Масова частка вологи у дослідних зразках печива суттєво варіює залежно від виду використаного цукрозамінника. Контрольний зразок №1 характеризувався вмістом вологи 15,08 %, що відповідає типовим значенням для цукрового печива. Найвищу масову частку вологи зафіксовано у зразка №2 (17,355 %) та зразка №3 (16,05 %), що може бути пов'язано з гігроскопічними властивостями ксилітолу та особливостями рецептури зі стевією, які сприяють утриманню вологи у структурі виробу. Найнижчі показники вологості характерні для зразків №4 (9,78 %) та №5 (9,11 %), виготовлених із використанням еритритолу та інуліну з цикорію відповідно. Зменшення вмісту вологи в цих зразках свідчить про формування більш сухої та крихкої структури печива, що може позитивно впливати на його хрусткі властивості та подовження терміну зберігання. Водночас надмірне зниження вологості може потребувати коригування технологічних параметрів з метою запобігання надмірній ламкості виробів. Загалом отримані результати підтверджують, що вибір цукрозамінника суттєво впливає на вологовміст печива і, відповідно, на його структурно-механічні та споживчі характеристики. Порівняльний аналіз реологічних властивостей готових виробів показав, що заміна цукру на різні підсолоджувачі суттєво змінює реологічні властивості печива. Найбільш наближеними до контрольного зразка за комплексом

показників були зразки з ксилітолом і стевією, тоді як використання еритритолу та інуліну призвело до формування більш твердих, крихких і менш пружних виробів, що необхідно враховувати при оптимізації рецептур і технологічних параметрів виробництва.

За сукупністю отриманих експериментальних результатів (органолептичних, фізико-хімічних і реологічних показників) для впровадження у виробництво доцільно рекомендувати зразок №5 – печиво з інуліном з цикорію, який отримав максимальну загальну органолептичну оцінку на рівні з контрольним зразком №1, характеризувався приємним, гармонійним смаком без сторонніх присмаків, рівномірним кольором, доброю формою та структурою в розломі. На відміну від зразка зі стевією (№3), відсутній небажаний післясмак, а порівняно з ксилітолом та еритритолом – немає специфічних смакових відтінків, які можуть обмежувати споживчу привабливість. Зразок №5 мав найнижчий вміст води (9,11 %), що сприяє формуванню хрусткої текстури, характерної для цукрового печива; подовженню терміну зберігання за рахунок зниження ризику мікробіологічного псування. Хоча низька вологість може підвищувати крихкість, це може бути скориговано технологічно (режим випікання, товщина заготовок, вологість тіста). Зразок №5 дещо поступається зразкам із ксилітолом і стевією за м'якістю та пружністю, однак ці зміни не погіршили органолептичну оцінку; характерна для зразка структура є прийнятною та навіть бажаною для цукрового печива з підвищеною хрусткістю. Інулін з цикорію є пребіотиком, що надає виробу функціональних властивостей. Зразок №5 дозволяє позиціонувати продукт як печиво без доданого цукру з оздоровчим спрямуванням, що відповідає сучасним ринковим трендам та запитам споживачів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Розробка картки безпеки праці

Дослідження, передбачені завданням магістерської роботи, проводили в навчальних лабораторіях кафедри харчових технологій та кафедри інжинірингу технічних систем ДДАЕУ. Навчальні лабораторії обладнані всіма необхідними приладами та обладнанням для виготовлення дослідних зразків печива та визначення їх показників якості (столовий і лабораторний посуд, ваги технічні, холодильник, водонагрівач, шафа духова, ваги-вологомір, колориметр, пенетрометр та інше. У навчальних лабораторіях забезпечені всі умови для проведення науково-дослідних робіт з дотриманням норм пожежної безпеки, електробезпеки та охорони праці.

Оскільки об'єктом дослідження магістерської роботи є технологічний процес виробництва печива цукрового, ми розробили картку безпеки праці (рис. 4.1) для оператора лінії з виробництва цього виду печива.

Охорона праці при виробництві цукрового печива спрямована на запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням і забезпечення безпечних умов праці на всіх етапах технологічного процесу.

До роботи допускають працівників, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктаж з охорони праці, а також навчання безпечним методам роботи. Робочі місця повинні відповідати вимогам санітарії та ергономіки: достатнє освітлення, вентиляція, оптимальні параметри мікроклімату (температура, вологість). Працівники зобов'язані використовувати засоби індивідуального захисту (спецодяг, головні убори, рукавиці, за потреби – захисне взуття). Устаткування (тістомісильні машини, вальцювальні машини, формувальні агрегати, печі) повинно бути справним, мати захисні кожухи та блокування рухомих частин.

<p>1. Загальна інформація</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Місце роботи – лінія з виробництва печива цукрового. 2. Вид робіт – виробництво печива цукрового. 3. Посада – оператор лінії. 4. Тривалість робочого часу – 2 зміни (07:00–18:30; 19:00–06:30). 5. Проходження медогляду – 1 раз на рік. 6. Проходження вторинного інструктажу з охорони праці – 1 раз на 6 місяців. 7. Термін дії картки: до 01.12.2030 р. 	<p>2. Забезпечення одягом та засобами індивідуального захисту</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Санітарний одяг (4 комплекти) – 1 раз на рік. 2. Взуття шкіряне жаростійке – 1 раз на 6 місяців. 3. Нарукавники бавовняні – 1 раз на 3 місяці. 4. Рукавиці трикотажні, навушники протишумові, окуляри захисні – до зносу.
<p>3. Вимоги перед початком роботи</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. До роботи допускають лише повнолітні особи, які пройшли медичне обстеження та не мають медичних протипоказань, вступний інструктаж, спеціальне навчання. 2. Перед початком роботи співробітник повинен одягнути спецодяг, підготувати робочу зону. 3. Перевірити роботу штучної вентиляції, справність та наявність захисних огорожень приводів робочих органів. 4. Перед запуском обладнання перевірити, що нікому не загрожує небезпека від рухомих частин і механізмів. 5. Перевірити роботу обладнання на холостому ході. 6. Про виявлені порушення і недоліки доповісти безпосередньому керівнику і до їх усунення до роботи не приступати. 	<p>4. Вимоги під час роботи</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Співробітнику дозволяється виконувати тільки ту роботу, за якою пройдено навчання, інструктаж з охорони праці, до якої допущений особою, відповідальною за безпечне проведення осіб 2. Необхідно утримувати своє робоче місце у належній чистоті, своєчасно прибирати з підлоги розсипану сировину, розлиті речовини. 3. Під час роботи з гарячими поверхнями необхідно застосовувати засоби захисту рук. 4. Дозволено використовувати тільки справне устаткування, інструмент, пристрої. 5. Заборонено доручати свою роботу іншим особам, які не пройшли відповідне навчання та інструктаж.
<p>5. Вимоги після закінчення роботи</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Після завершення роботи необхідно привести в порядок робоче місце, інструменти та пристрої прибирати у спеціально відведене місце. 2. Зняти і здати на збереження спецодяг і засоби індивідуального захисту. 3. Дотримуватися правил особистої гігієни. 4. Про виявлені порушення і недоліки під час проведення робіт необхідно доповісти безпосередньому керівнику і змінному працівнику. 	<p>6. Вимоги в надзвичайних ситуаціях</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Негайно припинити всі роботи. 2. Вимкнути все обладнання та пристрої; 3. Терміново доповісти керівнику про виникнення надзвичайної ситуації.
<p>Контакти служб екстреної допомоги</p>	
<p>Внутрішні службові номери: Майстер відділення: 000-00-00 Служба охорони праці: 000-00-00 – головний інженер, 000-00-00 – медичний кабінет.</p>	

Рисунок 4.1 – Картка безпека праці

Забороняється працювати на обладнанні з несправними огороженнями або при відсутності заземлення. Очищення, змащування та ремонт машин дозволяється виконувати лише після їх повного зупинення та відключення від електромережі. Усі

електроприлади та машини повинні відповідати вимогам електробезпеки, мати справну ізоляцію та заземлення. Працівникам забороняється торкатися електрообладнання вологими руками або працювати у вологому взутті.

У разі виявлення пошкоджень електропроводки чи сторонніх запахів (горілого) обладнання негайно виводять з експлуатації.

Виробничі приміщення повинні бути оснащені первинними засобами пожежогасіння (вогнєгасники, пожежні крани), а персонал – навчений правилам їх використання. Не допускається накопичення борошняного пилу, який може утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям. Заборонено використання відкритого вогню та куріння у виробничих приміщеннях.

Під час роботи з печами та нагрітими поверхнями необхідно використовувати термостійкі рукавиці та інвентар. Завантаження і вивантаження виробів з печей слід проводити з дотриманням безпечної дистанції, щоб уникнути опіків. Контроль температурних режимів запобігає не лише браку продукції, а й аварійним ситуаціям.

Дотримання правил особистої гігієни є обов'язковим: регулярне миття рук, чистий спецодяг, відсутність прикрас. Виробничі приміщення та обладнання підлягають регулярному прибиранню й дезінфекції. Сировина і готова продукція повинні зберігатися відповідно до встановлених норм, щоб уникнути мікробіологічних ризиків.

Працівники повинні бути ознайомлені з планами евакуації та алгоритмами дій у разі пожежі, ураження електричним струмом або травмування. Про всі нещасні випадки та небезпечні ситуації необхідно негайно повідомляти керівника зміни або відповідальну особу.

Дотримання зазначених вимог охорони праці забезпечує безпечну організацію виробництва цукрового печива, збереження здоров'я персоналу та стабільну якість готової продукції.

4.2 Поводження з відходами від виробництва печива цукрового

У процесі виробництва цукрового печива утворюються відходи різного походження, які за своїм складом та властивостями поділяються на харчові, виробничі та побутові. Раціональне поведіння з ними є важливим елементом екологічної безпеки підприємства, дотримання санітарно-гігієнічних вимог і принципів сталого розвитку харчової промисловості.

До харчових відходів належать залишки тіста, браковані або пошкоджені тістові заготовки, некондиційні готові вироби, крихта печива, що утворюється під час формування, транспортування та пакування. За умови дотримання вимог безпечності такі відходи можуть бути використані для кормових цілей (після відповідної переробки); спрямовані на виробництво вторинної сировини (наприклад, сухарної крихти); утилізовані шляхом передавання спеціалізованим підприємствам.

Виробничі відходи також включають залишки борошна, крохмалю, цукру або цукрозамінників, що не відповідають вимогам якості, а також осадки після миття обладнання. Такі відходи підлягають окремому збору та утилізації відповідно до чинних санітарних і екологічних норм.

У процесі виробництва утворюються пакувальні відходи: папір, картон, полімерні плівки, мішки з-під сировини, тара з-під допоміжних матеріалів. Ці відходи необхідно сортувати за видами матеріалів та передавати на вторинну переробку або утилізацію через ліцензовані організації. Забороняється їх змішування з харчовими відходами.

До побутових відходів належать відходи, що утворюються в адміністративних та побутових приміщеннях підприємства (папір, харчові залишки персоналу тощо). Вони збираються в окремі контейнери та вивозяться відповідно до встановленого графіка. Відходи після санітарної обробки (ганчір'я, серветки, фільтри) утилізуються з дотриманням вимог санітарної безпеки.

Для мінімізації негативного впливу на довкілля на підприємствах із виробництва цукрового печива впроваджують системи роздільного збирання

відходів; зменшення втрат сировини шляхом оптимізації технологічних процесів; повторне використання або переробку відходів; контроль за дотриманням норм зберігання та утилізації.

Висновки за розділом

У ході виконання магістерської роботи розроблено картку безпеки праці для операторів лінії з виробництва печива цукрового та проаналізовано відходи від виробництва печива цукрового і можливі варіанти поводження з ними, що є важливою умовою підвищення ефективності підприємства, мінімізації негативного впливу на довкілля та раціонального використання ресурсів. Раціональне поводження з відходами при виробництві цукрового печива сприяє підвищенню економічної ефективності підприємства, зниженню екологічного навантаження та забезпеченню безпечних та санітарно належних умов виробництва.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження кваліфікаційної роботи

У процесі підготовки випускової роботи здійснювали розрахунок витрат, необхідних для проведення дослідження. Ці витрати визначали на основі складеного кошторису.

Розрахунок витрат на основні і допоміжні матеріали проводили за формулою (5.1):

$$m = \sum m_1 \cdot C_1 \quad (5.1)$$

де, m_1 – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_1 – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку матеріальних витрат представлено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Необхідна кількість матеріалів та їх вартість

№ з/п	Найменування інгредієнту, одиниці	Ціна за одиницю, грн	Кількість	Сума, грн
1	2	3	4	5
1	Борошно пшеничне вищого сорту, кг	30,70	1	30,70
2	Крохмаль кукурудзяний, кг	36,90	0,074	2,73
3	Пудра цукрова, кг	163,00	0,066	10,76
4	Інвертний цукровий сироп, кг	250,00	0,009	2,25
5	Маргарин столовий, кг	169,80	0,2	33,96
6	Молоко питне пастеризоване, л	57,00	0,047	2,68
7	Яйця курячі, шт	8,10	3	24,30

Продовження табл. 5.1

1	2	3	4	5
8	Сіль	35,60	0,007	0,25
9	Сода харчова, кг	40,00	0,007	0,28
10	Розпушувач, кг	1666,67	0,001	1,67
11	Ксилітол, кг	1020,00	0,033	33,66
12	Екстракт стевії, кг	2637,50	0,002	5,28
13	Еритритол, кг	790,00	0,033	26,07
14	Інулін цикорію, кг	1010,00	0,033	33,33
Всього				207,92

Результати розрахунків заробітної плати керівника наукового дослідження наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Керівник кваліфікаційної роботи	13721,34	95,29	10	952,90
Всього				952,90

Нарахування на заробітну плату приймали у розмірі 24 % від фонду робочого часу. Від загальної суми заробітної платні вони складають:

$$H = \frac{952,90 \cdot 24}{100} = 228,70 \text{ грн}$$

Витрати на спожиту електроенергію обчислювали за формулою (5.2):

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a \quad (5.2)$$

де, М – потужність використаного електрообладнання, кВт;

К – коефіцієнт використання потужності, К = 0,9;

Т – час роботи обладнання, год.;

а – тариф за електроенергію (за 1 кВт), грн./(кВт/год.);

а = 10,80 грн./(кВт/год.).

Результати розрахунку витрат на електроенергію наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків витрат на електроенергію

Обладнання	Потужність електрообладнання, кВт	Час роботи обладнання, год	Витрати на електроенергію, грн
Лабораторні ваги	0,012	2	0,23
Ваги-вологомір	0,400	5,5	21,38
Духова шафа	2,100	2	40,82
Ноутбук	0,046	60	26,83
Всього			89,26

Розрахунок витрат на амортизацію обладнання виконували за формулою(5.3):

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365} \quad (5.3)$$

де, А – амортизаційні відрахування, грн;

Φ – вартість обладнання, грн;

Н – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на даному обладнанні, днів;

365 – кількість днів в році.

Підсумки розрахунків витрат на амортизацію обладнання наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Лабораторні ваги	10 725,00	10	0,17	0,50
Колориметр	9 900	10	0,001	0,003
Ваги-вологомір	67 600	15	0,46	12,78
Духова шафа	9 980,00	15	0,17	0,70
Ноутбук	35 999,00	25	5	123,29
Всього				137,27

Накладні витрати, які включають затрати на обслуговування обладнання, були прийняті на рівні 80 % від обчисленої заробітної плати виконавців дослідження та становили:

$$\frac{952,90 \cdot 80}{100} = 762,32 \text{ грн}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн
Основні матеріали	207,92
Заробітна плата	952,90
Нарахування на заробітну плату	228,70
Електроенергія	89,26
Амортизація	137,27
Накладні витрати	762,32
Всього	2378,37

5.2 Розрахунок вартості дослідження

Вартість науково-дослідної роботи розраховували з урахуванням витрат, пов'язаних із проведенням досліджень, а також рентабельності, застосовуючи при цьому наступний математичний вираз (5.4):

$$\text{Ц} = \text{С} + \frac{\text{Р} \cdot \text{С}}{100} \quad (5.4)$$

де, Ц – вартість дослідження, грн;

С – витрати на дослідження, грн;

Р – нормативна рентабельність (Р=30), %.

$$\text{Ц} = 2378,37 + \frac{30 \cdot 2378,37}{100} = 3091,88 \text{ грн}$$

Загальна сума витрат, спрямованих на реалізацію досліджень у межах кваліфікаційної роботи, становить 3091,88 грн.

5.3 Техніко-економічні показники виробництва печива цукрового в лабораторних умовах

У таблиці 5.6 наведено розрахунок прогнозованої собівартості 1 кг цукрового печива за типовою рецептурою, а в таблиці 5.7 – печива із заміною цукрової пудри на інулін з цикорію, виготовленого в лабораторних умовах.

Таблиця 5.6 – Техніко-економічні показники виробництва печива цукрового, зразок № 1

Найменування статей калькуляції	Виробництво печива цукрового за типовою технологією		
	Кількість	Ціна (грн.)	Сума (грн.)
1	2	3	4
Сировина та основні матеріали:			
Борошно пшеничне вищого сорту, кг	0,100	30,70	3,07
Крохмаль кукурудзяний, кг	0,074	36,90	2,73
Пудра цукрова, кг	0,033	163,00	5,38
Інвертний цукровий сироп, кг	0,005	250,00	1,25
Маргарин столовий, кг	0,020	169,80	3,40
Молоко питне пастеризоване, л	0,005	57,00	0,29
Яйця курячі, шт	0,3	8,10	2,43
Сіль	0,001	35,60	0,04
Сода харчова, кг	0,001	40,00	0,04
Розпушувач, кг	0,001	1666,67	1,67
Зворотні відходи, що реалізуються:	-	-	-
<i>Разом сировини і основних матеріалів за вирахуванням попутної продукції та зворотних відходів, кг</i>			17,87
Допоміжні і таропакувальні матеріали:			
<i>Пергамент, шт.</i>	0,05	48,00	2,40
<i>Разом</i>			2,40
Паливо і енергія на технологічні цілі:			
<i>Електроенергія, кВт.год:</i>	0,5	10,80	5,40
<i>Разом</i>			5,40

1	2	3	4
Витрати на утримання та експлуатацію обладнання			-
Амортизаційні відрахування			0,23
Вихід готової продукції, кг	0,100		
Виробнича собівартість 1 кг готового продукту			259,00

Таблиця 5.7 – Техніко-економічні показники виробництва печива цукрового із інуліном цикорію, зразок №5

Найменування статей калькуляції	Виробництво печива цукрового за розробленою технологією		
	Кількість	Ціна (грн.)	Сума (грн.)
1	2	3	4
Сировина та основні матеріали:			
Борошно пшеничне вищого сорту, кг	0,100	30,70	3,07
Крохмаль кукурудзяний, кг	0,074	36,90	2,73
Інулін цикорію, кг	0,033	1010,00	33,33
Маргарин столовий, кг	0,020	169,80	3,40
Молоко питне пастеризоване, л	0,005	57,00	0,29
Яйця курячі, шт	0,3	8,10	2,43
Сіль	0,001	35,60	0,04
Сода харчова, кг	0,001	40,00	0,04
Розпушувач, кг	0,001	1666,67	1,67
Зворотні відходи, що реалізуються:	-	-	-

1	2	3	4
<i>Разом сировини і основних матеріалів за вирахуванням попутної продукції та зворотних відходів, кг</i>			47,00
Допоміжні і таропакувальні матеріали:			
<i>Пергамент, шт.</i>	0,05	48,00	2,40
<i>Разом</i>			2,40
Паливо і енергія на технологічні цілі:			
<i>Електроенергія, кВт.год:</i>	0,5	10,80	5,40
<i>Разом</i>			5,40
Витрати на утримання та експлуатацію обладнання			-
Амортизаційні відрахування			0,23
Вихід готової продукції, кг	0,100		
Виробнича собівартість 1 кг готового продукту			550,30

Порівняльний аналіз показує, що впровадження інуліну з цикорію істотно підвищує собівартість продукції, головним чином через високу ціну функціонального інгредієнта. Водночас інші складові витрат (енергія, пакування, амортизація) не зазнали змін, що свідчить про відсутність додаткових технологічних ускладнень при виробництві печива з інуліном.

Таким чином, зразок №5 є економічно дорожчим, але має потенційні переваги з точки зору функціональної цінності, зниженого вмісту цукру та орієнтації на споживачів із дієтичними потребами. Його доцільно розглядати як продукт преміального або функціонального сегмента, тоді як зразок №1 залишається більш вигідним для масового виробництва.

Висновки за розділом

Заміна цукрової пудри на інулін з цикорію істотно підвищує собівартість цукрового печива, головним чином через високу ціну функціонального інгредієнта. Водночас інші складові витрат (енергія, пакування, амортизація) не зазнали змін, що свідчить про відсутність додаткових технологічних ускладнень при виробництві печива з інуліном. Таким чином, зразок №5 є економічно дорожчим, але має потенційні переваги з точки зору функціональної цінності, зниженого вмісту цукру та орієнтації на споживачів із дієтичними потребами. Його доцільно розглядати як продукт преміального або функціонального сегмента, тоді як зразок №1 залишається більш вигідним для масового виробництва.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Виготовлено 5 дослідних зразків цукрового печива: контрольний, і дослідні на основі цукрозамінників – ксилітолу, екстракту стевії, еритритолу та інуліну з цикорію.

2. Результати органолептичної оцінки показали, що найбільш збалансованими за сукупністю показників є зразки №1 (контроль) та №5 (інулін з цикорію). Зразок зі стевією поступався іншим через виражений післясмак, а зразки з ксилітолом та еритритолом мали специфічний смаковий відтінок, який може обмежувати його споживчу привабливість. Застосування цукрозамінників змінило світлоту та спектральний склад кольору цукрового печива. Найбільш наближеним до контрольного за показником світлоти був зразок з інуліном, тоді як використання еритритолу призвело до формування більш темного та насиченого забарвлення. Такі зміни можуть розглядатися як індивідуальна органолептична особливість виробів без цукру та враховуватися при виборі оптимальної рецептури для впровадження у виробництво.

Проведена органолептична оцінка дослідних зразків цукрового печива показала, що всі виготовлені вироби загалом відповідають вимогам до якості за основними сенсорними показниками. За результатами дегустації найвищу загальну органолептичну оцінку отримали зразки №1 та №5, що свідчить про оптимальне поєднання форми, поверхні, кольору, смаку, запаху та вигляду у розломі. Зразки №2 та №4 набрали дещо меншу, але достатньо високу сумарну оцінку, зберігаючи добрі органолептичні властивості. Найнижчу загальну оцінку мав зразок №3, що зумовлено зниженням балів за смак і поверхню, хоча інші показники залишалися на прийнятному рівні. Отримані результати підтвердили, що застосування цукрозамінників у рецептурі печива цукрового можливе без суттєвого погіршення його органолептичних характеристик, а окремі варіанти рецептур здатні забезпечити споживчі властивості, співставні або рівноцінні контрольному зразку. Це створює передумови для подальшого впровадження таких виробів у виробництво з урахуванням вимог до продуктів з пониженим вмістом цукру.

3. Масова частка вологи у дослідних зразках печива суттєво варіює залежно від виду використаного цукрозамінника. Контрольний зразок №1 характеризувався вмістом вологи 15,08 %, що відповідає типовим значенням для цукрового печива. Найвищу масову частку вологи зафіксовано у зразка №2 (17,355 %) та зразка №3 (16,05 %), що може бути пов'язано з гігроскопічними властивостями ксилітолу та особливостями рецептури зі стевією, які сприяють утриманню вологи у структурі виробу. Найнижчі показники вологості характерні для зразків №4 (9,78 %) та №5 (9,11 %), виготовлених із використанням еритритолу та інуліну з цикорію відповідно. Зменшення вмісту вологи в цих зразках свідчить про формування більш сухої та крихкої структури печива, що може позитивно впливати на його хрусткі властивості та подовження терміну зберігання. Водночас надмірне зниження вологості може потребувати коригування технологічних параметрів з метою запобігання надмірній ламкості виробів. Загалом отримані результати підтверджують, що вибір цукрозамінника суттєво впливає на вологовміст печива і, відповідно, на його структурно-механічні та споживчі характеристики. Порівняльний аналіз реологічних властивостей готових виробів показав, що заміна цукру на різні підсолоджувачі суттєво змінює реологічні властивості печива. Найбільш наближеними до контрольного зразка за комплексом показників були зразки з ксилітолом і стевією, тоді як використання еритритолу та інуліну призвело до формування більш твердих, крихких і менш пружних виробів, що необхідно враховувати при оптимізації рецептур і технологічних параметрів виробництва.

За сукупністю отриманих експериментальних результатів (органолептичних, фізико-хімічних і реологічних показників) для впровадження у виробництво доцільно рекомендувати зразок №5 – печиво з інуліном з цикорію, який отримав максимальну загальну органолептичну оцінку на рівні з контрольним зразком №1, характеризувався приємним, гармонійним смаком без сторонніх присмаків, рівномірним кольором, доброю формою та структурою в розломі. На відміну від зразка зі стевією (№3), відсутній небажаний післясмак, а порівняно з ксилітолом та еритритолом – немає специфічних смакових відтінків, які можуть обмежувати споживчу привабливість. Зразок №5 мав найнижчий вміст вологи (9,11 %), що

сприяє формуванню хрусткої текстури, характерної для цукрового печива; подовженню терміну зберігання за рахунок зниження ризику мікробіологічного псування. Хоча низька вологість може підвищувати крихкість, це може бути скориговано технологічно (режим випікання, товщина заготовок, вологість тіста). Зразок №5 дещо поступається зразкам із ксилітолом і стевією за м'якістю та пружністю, однак ці зміни не погіршили органолептичну оцінку; характерна для зразка структура є прийнятною та навіть бажаною для цукрового печива з підвищеною хрусткістю. Інулін з цикорію є пребіотиком, що надає виробу функціональних властивостей. Зразок №5 дозволяє позиціонувати продукт як печиво без доданого цукру з оздоровчим спрямуванням, що відповідає сучасним ринковим трендам та запитам споживачів.

4. У ході виконання магістерської роботи розроблено картку безпеки праці для операторів лінії з виробництва печива цукрового та проаналізовано відходи від виробництва печива цукрового і можливі варіанти поводження з ними, що є важливою умовою підвищення ефективності підприємства, мінімізації негативного впливу на довкілля та раціонального використання ресурсів. Раціональне поводження з відходами при виробництві цукрового печива сприяє підвищенню економічної ефективності підприємства, зниженню екологічного навантаження та забезпеченню безпечних та санітарно належних умов виробництва.

5. Заміна цукрової пудри на інулін з цикорію істотно підвищує собівартість цукрового печива, головним чином через високу ціну функціонального інгредієнта. Водночас інші складові витрат (енергія, пакування, амортизація) не зазнали змін, що свідчить про відсутність додаткових технологічних ускладнень при виробництві печива з інуліном. Таким чином, зразок №5 є економічно дорожчим, але має потенційні переваги з точки зору функціональної цінності, зниженого вмісту цукру та орієнтації на споживачів із дієтичними потребами. Його доцільно розглядати як продукт преміального або функціонального сегмента, тоді як зразок №1 залишається більш вигідним для масового виробництва.

Перспективними будуть подальші дослідження щодо визначення строку зберігання розробленого печива.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Da Silva G.A., Kloss G.P., Tavares Lemos T.E. Estudo das propriedades e das características do uso da estévia, eritritol, xilitol e frutose em substituição à sacarose. LIMEIRA-SP, 2021. 81 p.
2. Дорохович В.В., Донець А.С., Сулима В.С., Дорошенко Т.В. Вплив мальтитолу, ізомальтитолу, еритритолу на формування клейковинного комплексу. Наукові праці НУХТ. 2019. № 2, Т. 25. С. 261–266.
3. Gasmi Benahmed A., Gasmi A., Arshad M., Shanaida M., Lysiuk R., Peana M., Pshyk-Titko I., Adamiv S., Shanaida Yu., Bjørklund G. Health benefits of xylitol. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2020. 104. P. 7225–7237.
4. Witkowski M., Nemet I., S Li X., Wilcox J., Ferrell M., Alamri H., Gupta N., Wang Z., Tang W.H.W., L Hazen S. Xylitol is prothrombotic and associated with cardiovascular risk. *European Heart Journal*. 2024. V. 45, Is. 27. P. 2439–2452.
5. Fernstrom J.D. Non-nutritive sweeteners and obesity. *Annu Rev. Food Sc. Technol.*, 2015. 6. P. 119–136.
6. Peters J.C., Beck J. Low calorie sweetener (LCS) use and energy balance. *Physiol. Behav.*, 2016. 164. P. 524–528.
7. Umai D., Kayalvizhi R., Kumar V., Jacob S. Xylitol: Bioproduction and Applications-A Review. *Frontiers in Sustainability. Sec. Sustainable Chemical Process Design*. 2022. 3. 826190.
8. Janakiram C., Kumar C.D., Joseph J. Xylitol in preventing dental caries: A systematic review and meta-analyses. *J. Nat. Sci. Biol. Med.* 2017. 8. 16–21.
9. Arcaño Ya.D., Valmaña García O.D., Mandelli D., Carvalho W.A., Magalhães Pontes L.A. Xylitol: A review on the progress and challenges of its production by chemical route. *Catalysis Today*. 2020. Vol. 344. P. 2–14.
10. Vega Manzo R.A. Evaluación preliminar de producción de eritritol a partir de productos azucarados de la caña. <https://surl.li/oatxrn>
11. Regnat K., Mach R.L., Mach-Aigner A.R. Erythritol as sweetener – wherefrom and where to? *Appl Microbiol Biotechnol*. 2018. 102. 587–595.

12. Boesten D.M.P.H.J., den Hartog G.J.M., de Cock P. *et al.* Health effects of erythritol. *Nutrafoods*. 2015. 14. 3–9.
13. Ruiz-Ruiz J.C., Moguel-Ordoñez Y.B., Segura-Campos M.R. Biological activity of *Stevia rebaudiana* Bertoni and their relationship to health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017. 57 (12). 2680–2690.
14. Samuel P., T Ayoob K., A Magnuson B., Wölwer-Rieck U., Bendix Jeppesen P., J Rogers P., Rowland I., Mathews R. Stevia Leaf to Stevia Sweetener: Exploring Its Science, Benefits, and Future Potential. *The Journal of Nutrition*. 2018. Vol. 148, Is. 7. P. 1186–1205.
15. Momtazi-Borojeni A.A, Esmaceli S.-A., Abdollahi E., Sahebkar A. A review on the pharmacology and toxicology of steviol glycosides extracted from *Stevia rebaudiana*. *Curr. Pharm. Des.* 2017. 23. p. 1616–1622.
16. Purkayastha S., Markosyan A., Prakash I., Bhusari S., Pugh G., Lynch B., Roberts A. Steviol glycosides in purified stevia leaf extract sharing the same metabolic fate. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2016. 77. p. 125–133.
17. Ashwell M. Stevia, nature's zero-calorie sustainable sweetener: a new player in the fight against obesity. *Nutr. Today*. 2015. 50. p. 129–134.
18. Magnuson B.A., Carakostas M.C., Moore N.H., Poulos S.P., Renwick A.G. Biological fate of low-calorie sweeteners. *Nutr. Rev.* 2016. 74. p. 670–689.
19. Urban J.D. Carakostas M.C., Taylor S.L. Steviol glycoside safety: are highly purified steviol glycoside sweeteners food allergens? *Food Chem. Toxicol.* 2015. 75. P. 71–78.
20. Dewinter L., Casteels K., Corthouts K., Van De Kerckhove K., Van Der Vaerent K., Vanmeerbeeck K., Matthys C. Dietary intake of non-nutritive sweeteners in type 1 diabetes mellitus children. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.* 2016. 33. P. 19–26.
21. Onakpoya I.J., Heneghan C.J. Effect of the natural sweetener, steviol glycoside, on cardiovascular risk factors: a systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *Eur J Prev Cardiol.* 2015. 22., P. 1575–1587.

22. Philippaert K., Pironet A., Mesuere M., Sones W., Vermeiren L., Kerselaers S., Pinto S., Segal A., Antoine N., Gysemans C. Steviol glycosides enhance pancreatic beta-cell function and taste sensation by potentiation of TRPM5 channel activity. *Nat. Commun.* 2017. 8. P. 14733.
23. Tey S.L., Salleh N.B., Henry J., Forde C.G. Effects of aspartame-, monk fruit-, stevia- and sucrose-sweetened beverages on postprandial glucose, insulin and energy intake. *Int. J. Obes. (Lond)*. 2017. 41. P. 450–457.
24. Oehme A., Wüst M., Wölwer-Rieck U. Steviol glycosides are not altered during commercial extraction and purification processes. *Int. J. Food Sc. Technol.*, 2017. 52. P. 2156–2162.
25. Karp S., Wyrwicz J., Kurek M., Wierzbicka A. Combined use of cocoa dietary fibre and steviol glycosides in low-calorie muffins production. *Int. J. Food Sc. Technol.* 2017. 52. P. 944–953.
26. Malik B., Rehman R.U. Chicory Inulin: A Versatile Biopolymer with Nutritional and Therapeutic Properties. In: Aftab T., Hakeem K.R. (eds) *Medicinal and Aromatic Plants*. Springer, Cham. 2021
27. Micka A., Siepelmeyer A., Holz A., Theis S., Schon C. Effect of consumption of chicory inulin on bowel function in healthy subjects with constipation: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Int J. Food Sc. Nutr.* 2017. 68 (1). P. 82–89.
28. Wang Y., Lin Z., Zhang B., Wang X., Chu M. Chicory (*Cichorium intybus* L.) inhibits renal reabsorption by regulating expression of urate transporters in fructose-induced hyperuricemia. *J. Trad. Chinese Med. Sc.* 2019. 6 (1). P. 84–94.
29. Ferrare K., Bidet L.P.R., Awwad A., Poucheret P., Cazals G., Lazenec F., Azay-Milhau J., Tournier M., Lajoix A.D., Tusch D. Increase in insulin sensitivity by the association of chicoric acid and chlorogenic acid contained in a natural chicoric acid extract (NCRAE) of chicory (*Cichorium intybus* L.) for an antidiabetic effect. *J. Ethnopharmacol.* 2018. 6 (215). P. 241–248.
30. Micka A., Siepelmeyer A., Holz A., Theis S., Schon C. Effect of consumption of chicory inulin on bowel function in healthy subjects with constipation: a

randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Int. J. Food Sc. Nutr.* 2017. 68 (1). P. 82–89.

31. Farhangi M.A., Javid A.Z., Dehghan P. The effect of enriched chicory inulin on liver enzymes, calcium homeostasis and hematological parameters in patients with type 2 diabetes mellitus: A randomized placebo-controlled trial. *Primary Care Diabetes.* 2016. 10, 4. P. 265–271.