

**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 «Бакалавр»  
на тему:

**Обґрунтування технології виробництва зефіру з  
фруктозою**

**Виконала:** здобувачка вищої освіти 3 курсу,  
групи ХТСз-1-22  
освітньо-професійної програми «Харчові технології»  
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

\_\_\_\_\_ Ангеліна БОЙКО

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Вікторія КАЛИНА

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

харчових технологій,

кандидат технічних наук, доцент

Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«07» травня 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Бойко Ангеліні Геннадіївні

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва зефіру з фруктозою». Керівник роботи: Калина Вікторія Сергіївна, кандидатка технічних наук, доцентка, затверджені наказом закладу вищої освіти від «07» травня 2025 року № 963.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 09 червня 2025 року.
3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва зефіру на пектині.  
2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд літературних джерел. 2 Матеріали і методи досліджень. 3 Експериментальна частина. 4 Охорона праці на кондитерському виробництві. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Мета і завдання досліджень. 2 Матеріали і методи досліджень. 3 Обговорення результатів досліджень. 4 Кошторис витрат на проведення досліджень. 5 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	доцентка Вікторія КАЛИНА	07.05.25	09.06.25

7. Дата видачі завдання 07 травня 2025 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	07.05-08.05.25	виконано
2	Аналітичний огляд літературних джерел	09.05-14.05.25	виконано
3	Матеріали і методи досліджень	15.05-16.05.25	виконано
4	Експериментальна частина	17.05-31.05.25	виконано
5	Охорона праці на кондитерському виробництві	01.06-02.06.25	виконано
6	Організаційно-економічна частина	02.06-03.06.25	виконано
7	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.25	виконано
8	Підготовка демонстраційного матеріалу	06.06-09.06.25	виконано

**Здобувачка вищої освіти** \_\_\_\_\_ Ангеліна БОЙКО  
( підпис )

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_ Вікторія КАЛИНА  
( підпис )

## РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування технології виробництва зефіру з фруктозою»

**Кваліфікаційна робота бакалавра:** 65 с., 13 рис., 10 табл., 53 літературних джерела.

**Об'єкт дослідження:** зефір, пастильні кондитерські вироби.

**Метою роботи** є удосконалення технології виробництва зефіру для спеціального харчування, особливо для людей з неможливістю споживання сахарози.

**Методи дослідження:** масову частку вологи в сипких інгредієнтах визначали методом висушування за допомогою приладу ПШВ-1, а у рідких компонентах і готовому зефірі – за допомогою рефрактометричного методу.

Вимірювання в'язкості здійснювали з використанням віскозиметрів Воларовича РВ-8 та Реотест-2. Показники пластичної міцності визначали на конічному пластометрі та структурометрі С-1.

Харчову та енергетичну цінність продукції обчислювали за допомогою розрахункових методів відповідно до чинних рекомендацій.

В роботі розглянуто технологію виробництва зефіру на пектині з фруктозою. У результаті дослідження процесу студнеутворення пектинового розчину на основі фруктози встановлено, що присутність яблучного пюре у пектиновій системі знижує кислотність, необхідну для коагуляції пектинових молекул і досягнення максимальної пластичної міцності структурного каркасу.

Встановлено, що фруктоза впливає на технологічні властивості зефірної маси. Для усунення ефекту комкування пектину, яке спостерігається при введенні порошкоподібного пектину до яблучного пюре, було застосовано розчинення пектину у воді з додаванням фруктози.

Для зефіру на фруктозі зниження вологості є меншим, ніж у зефіру з сахарозою, і залишається на рівні близько 19–20 %.

## КЛЮЧОВІ СЛОВА

*Зефір, сахароза, фруктоза, пектин, яблучне пюре, студнеутворювач, збивна маса..*

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	7
1.1 Способи виробництва піноподібних кондитерських мас	7
1.2 Використання цукрозамінників у виробництві функціональних кондитерських виробів	13
1.3 Фруктоза – як компонент кондитерських виробів спеціального призначення	20
2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	28
2.1 Об'єкти та методи дослідження	28
2.2 Характеристика використаного обладнання	28
2.3 Методика визначення студнеутворюючої здатності пектину у виробництві зефіру	30
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	33
3.1 Дослідження процесу студнеутворення пектинового розчину на основі фруктози	33
3.2 Вплив фруктози на властивості зефіру на пектині	37
3.3 Дослідження зефіру на основі фруктози та пектину при зберіганні	41
4 ОХОРОНА ПРАЦІ НА КОНДИТЕРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ	46
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	52
5.1 Розрахунок кошторису витрат на дослідження	52
5.2 Розрахунок ціни дослідження	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	57
БІБЛІОГРАФІЯ	59

## ВСТУП

Кондитерська промисловість виконує важливу роль у забезпеченні населення високоякісними та корисними продуктами. До її ключових завдань належать удосконалення сучасного технологічного обладнання, впровадження інноваційних технологій виробництва, розширення асортименту продукції, а також ефективне використання вітчизняної сировини. Одним із пріоритетних напрямів розвитку галузі є створення кондитерських виробів із функціональними властивостями, здатних не лише задовольнити харчові потреби, але й сприяти покращенню здоров'я населення.

Важливою складовою державної політики України є впровадження новітніх технологій у виробництво продуктів лікувально-профілактичного призначення. Основна мета такого підходу полягає у попередженні розвитку різноманітних захворювань, зміцненні імунної системи та підвищенні якості життя громадян. У цьому контексті особливу увагу приділяють створенню харчової продукції з підвищеною біологічною цінністю та збалансованим складом.

Однією з перспективних категорій кондитерських виробів є пастильна група, до якої належать, зокрема, зефір та мармелад. Цей сегмент ринку демонструє стабільне зростання, про що свідчать дані 2016 року: обсяг виробництва пастильно-мармеладних виробів досяг 84,11 тис. тонн. Серед них найбільшим попитом користується зефір – на його частку припадає близько 32,84 тис. тонн, що становить орієнтовно 40% загального обсягу випуску даної продукції. Це зумовлено не лише органолептичними якостями виробу, а й наявністю у складі корисних інгредієнтів, таких як пектин і білок. Пектин виконує роль природного ентеросорбенту, а білок забезпечує поживну цінність, що робить зефір цінним продуктом у раціоні харчування, особливо для дітей дошкільного та шкільного віку.

Разом із тим, традиційна рецептура зефіру базується на значному вмісті цукру, надлишкове споживання якого становить серйозну загрозу для здоров'я. Надмірне вживання цукру пов'язане з ризиком виникнення серцево-судинних захворювань, ожиріння та цукрового діабету. За оцінками експертів, близько 145

мільйонів людей у світі вже страждають на цю хворобу, і кількість випадків продовжує зростати.

У зв'язку з цим питання створення пастильних кондитерських виробів на основі цукрозамінників набуває особливої актуальності. Сучасні наукові розробки орієнтовані на розробку зефіру функціонального, лікувально-профілактичного та діабетичного призначення, що дозволить зменшити цукрове навантаження на організм та розширити асортимент продукції для осіб із порушеннями обміну речовин. Упровадження таких виробів у виробництво сприятиме формуванню здорових харчових звичок у населення, задоволенню попиту на безпечні ласощі та підвищенню конкурентоспроможності української кондитерської галузі.

Отже, метою дослідження слід вважати удосконалення технології виробництва зефіру для спеціального харчування, особливо для людей з неможливістю споживання сахарози.

Для реалізації мети було поставлено ряд завдань:

1. провести дослідження процесу студнеутворення пектинового розчину на основі фруктози;
2. встановити вплив фруктози на властивості зефіру на пектині;
3. виконати дослідження зефіру на основі фруктози та пектину при зберіганні.

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

## 1.1 Способи виробництва піноподібних кондитерських мас

Одним із провідних векторів розвитку сучасної кондитерської промисловості виступає формування асортименту продукції з функціональними властивостями. «Особливу зацікавленість серед виробників та споживачів викликають піноподібні кондитерські вироби – пастила, збивні цукерки, а особливо зефір, який стабільно утримує високу популярність серед населення. Попит на цю продукцію зумовлений низкою властивостей, які забезпечують її високу харчову цінність. Зокрема, важливу роль відіграє значна частка повітряної фази, що відзначається високим ступенем дисперсності» [1-5]. Це створює пористу структуру, яка покращує органолептичні характеристики виробів та полегшує їх засвоєння організмом.

«Суттєвою перевагою зефіру є високий вміст пектину – природного полісахариду, що виконує функції ентеросорбенту. Пектин здатен виводити з організму надлишковий холестерин, солі важких металів та радіонукліди, а також позитивно впливає на обмін речовин» [4]. Завдяки цим властивостям вироби з пектином відносяться до категорії дієтичної продукції. Крім того, зефір містить значну кількість білка, що «підвищує його біологічну цінність та робить його доцільним компонентом раціону осіб різного віку, включно з дітьми та людьми, які ведуть активний спосіб життя або мають підвищені харчові потреби» [2].

Піноподібні маси в кондитерському виробництві, до яких належить і зефір, характеризуються структурою, що нагадує піноподібний студень. «Основна технологічна задача при виготовленні такої продукції полягає у фіксації нестійкої пінистої структури, що має желеподібну консистенцію. Для досягнення цієї мети важливо забезпечити оптимальні умови для стабілізації маси, що дозволяє зберегти її текстуру до моменту споживання» [1-5].

У традиційних технологіях виробництва пастильних виробів у ролі основного піноутворювача застосовується яєчний білок. Водночас, сучасні наукові дослідження спрямовані на пошук альтернативних піноутворювачів, що дасть змогу знизити залежність від тваринної сировини, розширити сировинну базу та

зменшити собівартість продукції. «Одним із запропонованих рішень є часткова заміна яєчного білка буряковим дифузійним соком, що містить природні речовини, здатні утворювати піну» [6].

Інший перспективний напрям – «використання набухаючого кукурудзяного крохмалю з умістом білкових сполук у межах 3-6%. Такий підхід дозволяє не лише стабілізувати піну, але й надати готовому продукту додаткових функціональних властивостей» [7]. Подібні інноваційні рішення сприяють підвищенню технологічної ефективності виробництва збивних виробів, створенню нових рецептур з корисними властивостями та адаптації продукції до потреб різних категорій споживачів.

«Для підвищення стійкості піни як альтернативу яєчному білку запропоновано використовувати набухаючий кукурудзяний крохмаль, що містить 3–6 % білкових речовин» [2].

З метою зменшення витрати білка було запропоновано «застосування моноамонійної солі гліциризинової кислоти в кількості 0,3–0,6 % від рецептурної маси яєчного білка як піноутворювача» [3], а також використання «білкового ізоляту соняшнику в межах 13–15 % від масової частки яєчного білка» [1]. Особливістю цього методу є «змішування яєчного білка з білковим ізолятом соняшнику, після чого суміш витримують 0,5–1 годину з постійним перемішуванням перед збиванням» [1].

Також розроблено спосіб виготовлення збивних виробів із використанням соку картоплі з вмістом сухих речовин у межах 50–92 % як піноутворювача. «Ефективність застосування картопляного соку пояснюється вмістом у ньому білків, амінокислот, вуглеводів, фенольних компонентів та органічних кислот» [4].

Значний вплив на якість готового зефіру має студнеутворювач. Результативність використання конкретного гелеутворювача в зефірній масі залежить головним чином від ступеня розчинності рецептурних компонентів у воді, що визначається хімічною природою гелеутворювача та температурним діапазоном його гелеутворення, що, у свою чергу, впливає на вибір відповідної технологічної схеми.

«Під час фіксації пінної маси за допомогою гелевої структури важливими є: точне дозування гелеутворювача для досягнення необхідної щільності та міцності зефірної маси; урахування фізико-хімічних характеристик гелеутворювача (температурного режиму, рН середовища, хімічного складу тощо); дотримання належних температурних параметрів та тривалості технологічного циклу» [8-12].

Існують різні способи виготовлення зефіру залежно від застосовуваного гелеутворювача, зокрема на основі агару, пектину, желатину, фуцеларану тощо. Послідовна технологічна схема виробництва зефіру з використанням різних гелеутворювачів зображена на рисунку.

Процес набухання гелеутворювачів відбувається за різних температурних умов: «агар і фуцеларан замочуються у холодній воді з температурою 10–25 °С протягом 20–40 хвилин; пектин набухає в яблучному пюре при постійному перемішуванні протягом 120 хв, однак за умови підігрівання суміші до  $45 \pm 5$  °С тривалість процесу зменшується до 60 хвилин; желатин також набухає у яблучному пюре за кімнатної температури протягом 90 хвилин» [11].

Процеси приготування зефірної маси, як і деякі наступні технологічні етапи, можуть здійснюватися як у безперервному, так і в періодичному режимі залежно від типу застосованого гелеутворювача.

Зефірну масу на основі агару дозволено готувати як періодичним, так і безперервним методом. У випадку періодичного способу до збивальної машини завантажують яблучне пюре, цукор-пісок і половину яєчного білка. «Суміш збивають 8–10 хвилин, після чого додають решту білка. Подальше збивання триває ще 10–12 хвилин при відкритій кришці машини для інтенсивної аерації та видалення залишків сірчистого ангідриду» [13]. До утвореної пінної маси вводять кислоту, барвник, есенцію, а потім додають гарячий сироп з агару, цукру та патоки. Завершальне перемішування триває 1–2 хвилини.

Безперервне приготування зефірної маси здійснюється з використанням агрегату типу ШЗД. У змішувачі готується рецептурна композиція, до складу якої входять цукрово-яблучна суміш, агаро-цукрово-патоковий сироп, яєчний білок, харчова кислота, ароматизатор та барвник. Після змішування ця суміш подається

до збивальної камери, де вона інтенсивно насичується повітрям і гомогенізується. «Із збивальної камери готова зефірна маса транспортується по гнучкому шлангу до бункера формувальної машини» [14].

Виробництво зефірної маси на основі пектину, як правило, здійснюється періодичним методом. На першому етапі в збивальній машині змішуються яблучно-пектинова суміш та натрію лактат. «Потім додаються цукор-пісок і яєчний білок. Компоненти збиваються впродовж 6–8 хвилин до утворення щільної піни. Далі до маси вводиться гарячий сахаропатоковий сироп з температурою  $92,5 \pm 2,5$  °С, після чого збивання триває ще 5 хвилин» [15]. За одну хвилину до завершення процесу до маси додаються кислота, барвник і есенція, після чого маса спрямовується на формування.

Зефірну масу на основі желатину також готують періодичним способом, який широко застосовується на виробництвах з невеликою потужністю. До складу маси входить желатин, а сам процес збивання триває до отримання стабільної, щільної піни.

Формування маси, виготовленої на основі агару, пектину або желатину, проводиться вручну або з використанням зефіровідсаджувальних машин. «Зефірна маса відсаджується на дерев'яні лотки, що встановлюються на візки та спрямовуються до приміщення, де відбувається процес структуроутворення протягом 3–4 годин. Після цього лотки з половинками зефіру подаються до сушильної камери, в якій підтримується температура  $37,5 \pm 2,5$  °С і відносна вологість  $55 \pm 5$  %» [15]. Тривалість сушіння становить 4–6 годин, після чого вміст сухих речовин у готовому продукті досягає  $79 \pm 2$  %. «У разі відсутності сушильної камери з контрольованим мікрокліматом, зефір витримується за звичайних умов виробничого приміщення протягом 23–24 годин» [16].

Після завершення структуроутворення зефір, незалежно від використаного студнеутворювача, обсипається цукровою пудрою – як вручну, так і за допомогою спеціального обладнання. «Процес глазурування зефіру також здійснюється традиційним способом» [17].

«Традиційні методи виготовлення зефіру на пектині, агарі та желатині вирізняються значною тривалістю – до 24 годин, що обумовлює їх періодичний характер» [16].

Останнім часом розвиток технології пастильних виробів, зокрема пастили та зефіру, відбувається в напрямку інтенсифікації виробництва та впровадження потоково-механізованих ліній. Для скорочення часу структуроутворення та усунення етапу сушіння необхідно отримувати зефірну масу з підвищеним вмістом сухих речовин. Проте досягти цього в рамках традиційних технологій не вдається.

«Основним компонентом у виробництві зефіру є яблучне пюре, вміст сухих речовин у якому становить лише 8–12 %. Для виготовлення 1 тонни продукції використовується до 400 кг пюре, яке додається на етапі збивання. Це зумовлює значне зволоження зефірної маси, яку необхідно згодом висушити в процесі витримання та сушіння зефірних корпусів» [6].

З огляду на це, були розроблені прискорені технології та потоково-механізовані лінії для виробництва зефіру на основі пектину та фурцеларану, що дозволяють формувати зефірну масу з високим вмістом сухих речовин і практично усувають потребу в сушінні.

Відповідно до технології, розробленої вітчизняними вченими спільно з приватними кондитерськими фабриками, пюре з яблук додається на етапі приготування пектинового розчину. «У цьому випадку волога з яблучного пюре використовується для набухання та розчинення пектину (протягом 10–15 хв). Далі суміш пюре, пектину та цукру уварюють до стану сиропу з концентрацією сухих речовин  $82,5 \pm 0,5 \%$ » [10].

«Цей сироп використовують для приготування зефірної маси з високим вмістом сухих речовин ( $77,5 \pm 0,5 \%$ ), що дає змогу повністю усунути етапи сушіння та витримання зефіру. Завдяки цьому тривалість усього технологічного циклу скорочено до 60–70 хвилин порівняно з 10–24 годинами за традиційною технологією» [12].

Зефірну масу готують безперервним способом на станції ШЗД. У змішувач безперервної дії подають патоку, у середню частину – яєчний білок, а ближче до

виходу – пектино-цукро-яблучний сироп. Отримана суміш надходить самопливом у проміжну ємність, де вводять емульсію з кислоти, есенції та барвника.

«Формування половинок зефіру відбувається у вигляді стрічки на транспортері. Відформовані корпуси подають в охолоджувальну шафу, де за 7 хвилин при температурі  $13 \pm 1$  °C відбувається їх охолодження та часткове структуроутворення» [7].

Далі вироби надходять в апарат для завершення процесу структуроутворення. Підсушування та утворення скоринки на поверхні зефіру здійснюється в апаратах для підсушування та акліматизації. «Загальна тривалість цих етапів – 25 хвилин» [11].

Водночас, порівняно з традиційною, ця інтенсифікована технологія потребує потоково-механізованої лінії та не усуває використання яблучного пюре, консервованого сірчистим ангідридом. Це спричиняє низку суттєвих недоліків:

- «підвищену собівартість зефіру;
- складність технологічного процесу через необхідність попередньої обробки пюре (десульфитація);
- нестабільну якість продукції через варіативність кислотності та желувальної здатності яблучного пюре;
- тривалість окремих операцій (наприклад, вистоювання половинок зефіру протягом до 24 годин у періодичному способі);
- неможливість використання готової продукції у дитячому харчуванні через залишковий вміст сірчистого ангідриду» [15].

Розроблено новий підхід до виробництва зефірної маси «із застосуванням фурцеларану, де яблучне пюре додається у незначній кількості (6%) як стабілізатор для яєчного білка, не впливаючи істотно на структуру продукту» [17].

Приготування зефірної маси на фурцеларані відбувається безперервним методом. «До горизонтального змішувача подаються підігріті до  $52,5 \pm 2,5$ °C патока, яблучне пюре (з вмістом сухих речовин не менше 15%) та яєчний білок. Ближче до виходу зі змішувача додається гарячий фурцеларано-цукрово-патоковий сироп з температурою  $90 \pm 2$ °C» [18], що захищає яєчний білок від денатурації під

впливом тепла. Усі компоненти ретельно перемішуються і самопливом надходять до проміжної ємності, куди вводять емульсію з кислоти та есенції. Процес збивання суміші та формування зефірної маси здійснюється у збивальній камері за принципом, аналогічним виробництву зефірної маси на агарі.

«Формування зефірної маси відбувається на транспортерній стрічці, а її структуроутворення – в охолоджувальній шафі протягом 6-8 хвилин при температурі  $9 \pm 1^\circ\text{C}$ . Вміст сухих речовин у готовій зефірній масі становить 75%» [9].

Наразі актуальною є розробка технології зефіру на пектині, який є функціональним інгредієнтом на відміну від фурацеларану. «Це дозволить знизити собівартість зефіру, спростити та скоротити тривалість технологічного процесу, а також стабілізувати якість продукції» [11].

## 1.2 Використання цукрозамінників у виробництві функціональних кондитерських виробів

«Суттєвим недоліком кондитерських виробів є високий вміст цукру – до 75 %, що може призводити до розвитку різних захворювань, зокрема цукрового діабету. Цукровий діабет посідає третє місце серед найпоширеніших хвороб у світі, поступаючись лише серцево-судинним та онкологічним патологіям» [19].

«Станом на сьогодні поширеність цього захворювання у світі становить від 2 до 5 %, а серед осіб старше 60 років досягає 8–10 %. За останніми статистичними даними, близько 145 мільйонів людей у світі страждають на діабет, і, за оцінками фахівців, до 2025 року ця цифра може зрости до 300 мільйонів» [20-24]. Прогнозується, що кожні 15 років кількість хворих подвоюватиметься. Тенденція до зростання захворюваності характерна і для України, причому зростає й кількість пацієнтів серед молоді.

«Одним із чинників, що сприяє розвитку діабету в осіб із генетичною схильністю, є тривале вживання продуктів із високим вмістом швидких вуглеводів – таких як цукор, варення, солодощі тощо» [23].

У зв'язку з цим важливою складовою лікування діабету є дієтотерапія. Харчування пацієнтів має бути адаптованим до фізіологічних потреб організму з урахуванням маси тіла, віку, фізичної активності, роду занять, регіону проживання, типу та ступеня тяжкості захворювання, його перебігу та супутніх ускладнень. «Раціон повинен бути збагачений вітамінами групи В та аскорбіновою кислотою. Кількість білків має відповідати нормам фізіологічної потреби, але при цьому підхід до їх введення у раціон має бути індивідуальним» [22].

Кориця повинна бути присутньою в раціоні діабетиків. Дослідження, проведене в Дослідницькому центрі людського харчування, показало, що всього половина чайної ложки кориці на день значно знижує рівень цукру в крові у цих пацієнтів. «Її лікувальний ефект проявляється навіть при додаванні до чаю і є корисним не тільки для діабетиків, а й для тих, хто має приховані проблеми з рівнем цукру в крові» [25].

Активним компонентом кориці є водорозчинний поліфенол МНСР. Лабораторні експерименти продемонстрували його здатність імітувати дію інсуліну, активувати відповідний рецептор і функціонувати в клітинах нарівні з інсуліном. «Випробування на людях показали, що один, три або шість грамів кориці можуть знизити рівень цукру в крові на 20% і більше. Крім того, виявилось, що кориця знижує вміст жирів і «поганого» холестерину в крові, а також нейтралізує вільні радикали» [26, 27].

Корисні властивості кориці походять від трьох основних компонентів ефірної олії: коричного альдегіду, циннамілацетату та коричного спирту. «Аромат і смак кориці обумовлені ароматичною олією, яка міститься в ній у кількості від 0,5% до 1%. Олія жовто-золотого кольору, має характерний запах кориці та ароматний аромат» [22]. Гострий смак і теплий запах викликає основний компонент олії – коричний альдегід, або циннамаль. З часом, окислюючись, олія темніє і набуває смолистої структури. «Серед хімічних компонентів ефірної олії – евгенол, циннамальдегід, бета-каріофілен, ліналоол та метилхавікол. Аромат кориці активізує роботу головного мозку і такі функції, як увага та зорова пам'ять» [24].

Дієтичні волокна і кальцій, що містяться в кориці, сприяють запобіганню розвитку раку товстої кишки. Кальцій і волокна зв'язують солі жовчних кислот і виводять їх з організму, тим самим запобігаючи шкоді, яку солі можуть завдати клітинам товстого кишечника. Волокна також сприяють нормалізації роботи кишківника.

«Кориця є чудовим природним антидепресантом – вона покращує настрій, заспокоює нервову систему, сприяє покращенню пам'яті та розумової активності, стимулює кровообіг і підсилює ефект інших лікарських препаратів. Її рекомендують застосовувати в дієтичному харчуванні, де корицю можуть використовувати як замітник солі» [17, 25, 27].

Раціон харчування має передбачати обмеження споживання тваринних жирів, а «також зменшення кількості вуглеводів за рахунок зниження вживання цукру та продуктів, що його замінюють» [28].

Останнім часом, з урахуванням досягнень науки про харчування, активно розвивається виробництво низькокалорійних продуктів, а також харчових виробів для людей із різними захворюваннями, зокрема цукровим діабетом. Це сприяло збільшенню використання замінників сахарози як природного походження (у нативному або модифікованому вигляді), так і синтетичних. «Такі замінники можуть мати солодкість, що дорівнює або значно перевищує солодкість сахарози – у сотні разів. Оскільки ці речовини не містять глюкозний фрагмент, їх успішно застосовують для виготовлення продуктів харчування та цукрозамінників, призначених для хворих на цукровий діабет» [11]. Завдяки високому рівню солодкості вони дозволяють виготовляти низькокалорійні, «доступні за вартістю дієтичні продукти, які повністю або частково не містять легкозасвоюваних вуглеводів» [21].

В Україні офіційно дозволені до використання такі підсолоджувачі: мальтит та мальтитний сироп, ксиліт та інші.

Підсолоджувачі – це нецукрові речовини, які значно перевершують цукор за солодкістю, будучи солодшими в десятки, а то й сотні разів. Вони поділяються на натуральні та синтетичні. «Серед синтетичних підсолоджувачів виділяють два

покоління: "старе" (цикламати та сахарин) і "нове" (аспартам, сукралоза, ацесульфам К)» [15, 29].

Сахарин – найстаріший некалорійний підсолоджувач, що є з'єднанням сульфобензойної кислоти. Це білий кристалічний порошок без запаху, солодкий на смак. «Зазвичай використовується розчинний сахарин – натрієва сіль сульфобензойної кислоти, яка добре розчиняється у воді. При кип'ятінні сахарин розкладається з утворенням несолодкої кислоти, тому його слід додавати у вже готовий продукт. Його солодкість у 300-500 разів вища за цукор. Сахарин швидко проходить через травний тракт, і 98% його виводиться з сечею, маючи слабку сечогінну дію» [30].

Однак його нешкідливість все ще вимагає подальшого вивчення, і щоденне застосування не рекомендується. «При варінні, особливо при рН нижче 7, сахарин частково розкладається з відщепленням імідо-групи та утворенням орто-сульфобензойної кислоти, яка має неприємний фенольний присмак» [30]. Щоб уникнути побічних ефектів, його дозування повинно бути суворо контрольованим – добова доза не повинна перевищувати 2,5 мг на кілограм маси тіла.

Аспартам є дипептидом, що складається з двох амінокислот: аспарагінової та фенілаланіну. «Його солодкість становить 200, а безпечна добова доза – 40 мг на 1 кг маси тіла. Він вважається одним із найбезпечніших підсолоджувачів і не має стороннього присмаку» [31]. Проте аспартам термічно нестійкий, тому підходить лише для додавання до вже приготовлених напоїв і для холодної кулінарії. При цьому його присутність посилює смак та аромат фруктів. «Аспартам часто використовується в сумішах з глюкозою, сахарозою, ацесульфамом, цикламентом, сахарином. Важливо пам'ятати, що через вміст залишку амінокислоти фенілаланіну він протипоказаний пацієнтам з фенілкетонурією» [30].

Ацесульфам (або ацесульфам К) має ступінь солодкості 200. «Добова доза становить 8 мг на 1 кг маси тіла, що дозволяє замінити 40-60 г цукру на добу. Він термічно та хімічно стійкий» [30]. Як підсолоджувач харчових продуктів ацесульфам зазвичай використовується у поєднанні з іншими підсолоджувачами, насамперед з аспартамом, а також з вуглеводами (сахарозою, фруктозою).

Найважливішою сферою застосування ацесульфаму є виробництво безалкогольних напоїв, морозива, цукерок, тортів та жувальної гумки. «Його також застосовують при виготовленні лікарських засобів. Торгова назва – сунетт» [22].

«Сукралоза — це хлорований вуглевод, де атоми хлору в молекулі надають їй біологічної інертності та роблять абсолютно безкалорійною. Її ступінь солодкості сягає 600 разів» [32]. Оскільки організм засвоює сукралозу у дуже невеликій кількості, вона практично не створює додаткового навантаження на підшлункову залозу. «Для заміни 1-2 чайних ложок цукру достатньо лише кількох кристаликів сукралози» [32]. Вона є термостабільною, тому широко застосовується при виробництві безалкогольних і алкогольних напоїв, молочних десертів, овочевих та фруктових консервів, повидла, кондитерських та хлібобулочних виробів, соусів, сухих сумішей і жувальної гумки.

Лактит – це підсолоджувач і текстуратор, який належить до багатоядерних спиртів. «Він отримується шляхом гідрування природного молочного цукру – лактози і має солодкість приблизно 0,4 від рівня сахарози. У харчуванні людей з діабетом він широко використовується» [33]. За своїми фізико-хімічними властивостями лактит подібний до сахарози, тому його застосування в хлібобулочному виробництві не потребує змін технологічного процесу.

«Цикламат (або цикломат) – це похідні аміносульфонової кислоти зі ступенем солодкості близько 30. Вони характеризуються термостабільністю і добре зберігаються» [34]. Їх зазвичай комбінують з іншими підсолоджувачами та застосовують при виготовленні фруктових соків, компотів і кондитерських виробів. Найпопулярніша торгова назва таких сумішей – цюклі, що містять поєднання цикламати та сахарину.

«Світлі – це комбіновані суміші, до складу яких входять аспартам, сахарин, цикламат натрію та сукралоза в різних пропорціях. Вони можуть містити наповнювачі (сахарозу, глюкозу) або бути без них. Ступінь їх солодкості коливається від 30 до 550» [35]. Ці суміші застосовуються у вигляді порошку, а також у виробництві кондитерських і хлібобулочних виробів, напоїв, молочних продуктів, десертів і фруктових консервів.

Останнім часом зростає популярність підсолоджувачів глікозидної природи, таких як стевіозид, гліциризин та неогесперидин. «Глікозиди – це сполуки, молекули яких складаються з вуглеводного та неуглеводного компонентів» [11].

«Стевіозид, або стевіозид, отримують з рослини стевія, відомої як медова трава. Солодкий смак стевії зумовлений глікозидними речовинами, що об'єднані під загальною назвою "стевіозид", який у 200-300 разів солодший за цукор» [36]. Хоча ці компоненти були виділені та вивчені ще в 1955 році, їхнє широке застосування почалося лише нещодавно.

Стевія активно використовується в Японії, Китаї, Таїланді та США. В Україні вирощуванням стевії у промислових масштабах займається Всеукраїнський НДІ цукру та цукрових буряків. Дослідження показують, що «стевія містить до 10% солодких глікозидів, 11-15% білка, вітаміни (зокрема вітамін С) та мінеральні речовини. Стевіозид не має калорійності та не підвищує рівень глюкози в крові» [36]. Вже розроблені технології виробництва борошняних кондитерських виробів, мармеладу, желейних та збивних цукерок з використанням листя та стебла стевії.

«Гліциризин (лакриця) – це одна з найдавніших підсолоджувальних речовин, що відома в Європі. Корінь лакриці містить 6-14% гліциризину, а також крохмаль, цукор, білок, флавоноїди та солі. Основний солодкий компонент – гліциризинова кислота» [37]. Гліциризин є безбарвною кристалічною речовиною, нерозчинною у холодній, але добре розчинною у гарячій воді та етиловому спирті. Його виділяють після обробки етиловим спиртом або оцтовою кислотою у вигляді гліциризинової кислоти, калієвих або амонієвих солей. «Він у 50-100 разів солодший за сахарозу, але не має яскраво вираженого солодкого смаку, натомість має специфічний присмак, тривалий післясмак («лакричний смак») та характерний запах» [37]. У присутності сахарози він виявляє синергетичний ефект, посилюючи солодкість.

Неогесперидин (цитроза) видобувають зі шкірки цитрусових. «Ступінь солодкості цитрози становить 1800-2000. Вона стабільна при високих тисках і кип'ятінні в кислому середовищі, відмінно поєднується з іншими підсолоджувачами та ефективно покращує смакоароматичні властивості продуктів» [38].

«Тауматин – це підсолоджувач, що також діє як підсилювач смаку та аромату. Це білковий продукт, виділений з плодів *Thaumatococcus daniellii* – рослини, що росте в Західній Африці. Він є найсолодшою з відомих природних речовин, перевершуючи сахарозу в 1600-2500 разів» [38]. Визначальним фактором солодкого смаку є четвертинна структура білка. Вплив температури на ступінь солодощі цього білка неоднозначний і залежить від рН середовища, наявності солей та кисню. «Дуже сильний вплив на ступінь солодощі тауматину має присутність іонів алюмінію в його молекулі. Солодкий смак тауматину відчувається в роті не відразу, але залишається надовго» [38]. При використанні для випікання та смаження його солодкість слабшає, проте ефект посилення аромату залишається незмінним.

Застосування синтетичних підсолоджувачів, таких як сахарин, аспартам, ацесульфам-К, цикламати та інших, у виробництві кондитерських виробів обмежене через медичні протипоказання або через низьку стабільність під час технологічної обробки. Серед натуральних підсолоджувачів можна виділити *Dioscoreophyllum cumminsii* (Африка), тауматин, що добувають із плодів *Thaumatococcus daniellii* (Західна Африка), а також гліциризин, отримуваний із коріння солодкового дерева (Південна Європа, Середня Азія). Їх широкому застосуванню перешкоджають складності промислового збору і переробки рослинної сировини, а також дуже високий коефіцієнт солодкості.

Однією з проблем використання деяких підсолоджувачів у кондитерській галузі є їхня надзвичайна інтенсивність солодощі, що у сотні разів перевищує солодкість сахарози. Це призводить до відсутності необхідного об'єму заміщення цукру за вагою. Крім того, у багатьох кондитерських виробках цукор виконує важливу структуроутворюючу функцію. «Тому в Україні традиційно як замітники цукру у кондитерському виробництві використовують сорбіт, ксиліт і фруктозу, які за ступенем солодощі близькі до сахарози» [38].

«Сорбіт (Е 420) – це природний підсолоджувач, що за хімічною будовою є багатоатомним спиртом із приємним солодким смаком. Його солодкість приблизно вдвічі нижча, ніж у сахарози» [38]. Він отримується з рослинної сировини у ході

хімічного синтезу аскорбінової кислоти та деяких інших сполук або шляхом відновлення цукрів. Температура плавлення сорбіту становить 92–96 °С. Останні дослідження свідчать, що сорбіт сприяє зниженню витрат вітамінів В1, В6 і біотину організмом, а також покращує мікрофлору кишечника, що синтезує вітаміни. «Він містить на 53 % більше калорій порівняно з цукром. При вживанні у великих кількостях сорбіт може спричиняти побічні ефекти: здуття живота, нудоту, порушення роботи шлунку. Рекомендована безпечна добова доза не перевищує 25–30 грамів» [37].

«Ксиліт (Е 967) – це п'ятиатомний цукровий спирт, що має вигляд білої кристалічної речовини. Він добре розчиняється у воді: понад 60 г ксиліту розчиняється у 100 мл води. Енергетична цінність 1 грама ксиліту становить 4 ккал. Вміст вологи в ньому зазвичай не перевищує 1,5-2%, а вміст редуруючих речовин у перерахунку на суху речовину – не більше 0,08%» [38]. Отримують з кукурудзяних качанів та лушпиння бавовняного насіння. Ксиліт позитивно впливає на стан зубів, тому його додають до складу деяких зубних паст, жувальних гумок.

Він запобігає розвитку карієсу, стимулює секрецію шлункового соку та має жовчогінну дію. «Ксиліт повільно засвоюється організмом і не впливає на рівень цукру в крові. Однак у великих дозах ця речовина може діяти як проносне. Безпечна добова доза не повинна перевищувати 25-30 г» [38].

Ксиліт та сорбіт застосовуються у виробництві кондитерських виробів. «Проте їх використання обмежене через те, що при певній концентрації у виробах вони можуть проявляти токсичні властивості» [25, 38]. Останніми роками значно зріс інтерес до цукрозамінника – фруктози – у зв'язку з розширенням масштабів її промислового виробництва.

### 1.3 Фруктоза – як компонент кондитерських виробів спеціального призначення

«Фруктоза, що є складовою молекули цукрози, відіграє роль джерела енергії в організмі людини, подібно до сахарози, маючи таку ж калорійність – 4 ккал на

1 г. Вона ефективно засвоюється організмом, проте значно повільніше, ніж глюкоза» [39].

Особливістю метаболізму фруктози є те, що вона переробляється не тільки в печінці, а й у стінках кишечника та нирках «за допомогою унікального ланцюга фруктозо-1-фосфату, який не залежить від інсуліну. Це робить фруктозу придатною для використання як підсолоджувальна речовина та джерело вуглеводів для хворих на цукровий діабет, у кількості 0,5-1,0 г на 1 кг маси тіла, при цьому денна доза не повинна перевищувати 30 грамів» [39].

Фруктоза також відома своєю здатністю прискорювати розщеплення алкоголю в організмі, що робить її ефективною для усунення наслідків алкогольного отруєння, зокрема синдрому "похмілля".

Однією з ключових переваг фруктози порівняно з іншими цукрозамінниками є те, що продукти з її вмістом підходять не тільки для діабетиків, а й для здорових людей. «Фруктоза широко використовується в продуктах дитячого харчування, особливо для дітей, які страждають на непереносимість глюкози та галактози» [40, 41].

Фруктоза має низку специфічних фізико-хімічних властивостей, які впливають на її застосування у харчовій промисловості. «Вона має високу гігроскопічність, тобто починає поглинати вологу з навколишнього повітря вже при відносній вологості 45-50%» [42]. Навіть незначне додавання фруктози до сахарози надає останній гігроскопічних властивостей (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Гігроскопічність сахарози в суміші з іншими цукрами при 25 °С і різної відносної вологості повітря

Найменування цукру	Відносна вологість повітря, %								
	81,8			62,7			43,0		
	Кількість води, %, поглинена через								
	1 день	5 днів	10 днів	1 день	5 днів	10 днів	1 день	5 днів	10 днів
Сахароза	Не гігроскопічна			Не гігроскопічна			Не гігроскопічна		
Сахароза + 10% глюкози	0,90	3,49	9,88	0,04	0,04	0,04	Не гігроскопічна		

Продовження табл. 1.1

Найменування цукру	Відносна вологість повітря, %								
	81,8			62,7			43,0		
	Кількість вологи, %, поглинена через								
	1 день	5 днів	10 днів	1 день	5 днів	10 днів	1 день	5 днів	10 днів
Сахароза + 10% фруктози	6,03	11,06	13,87	1,73	3,42	3,38	0,05	0,05	0,04
Сахароза + 10% інвертного сиропу	5,36	11,11	14,19	1,57	2,33	2,27	0,08	0,08	0,08

Ця особливість фруктози зумовлює підвищені вимоги до пакувальних матеріалів для продуктів, що її містять. Упаковка має бути вологонепроникною. «З іншого боку, завдяки цій властивості фруктоза є чудовим консервантом вологи, наприклад, у кондитерських виробках. Це особливо важливо для дієтичних продуктів, які часто потребують довшого терміну зберігання, ніж звичайні» [43].

«Фруктоза відмінно розчиняється у воді. Її температура плавлення становить 104 °С, тоді як у сахарози – 184-185 °С. Дані про розчинність фруктози та цукрози при різних температурах (наведені в табл. 1.2) свідчать про значно вищу розчинність фруктози» [44]. Це має важливе значення для виробництва сиропів з фруктози з вищим вмістом сухих речовин.

Таблиця 1.2 – Показники розчинності фруктози та сахарози за різної температури

Показник		Температура, °С						
		20	30	40	50	60	70	80
Розчинність, г на 100 г води	фруктоза	370	444	538	660	830	1170	1820
	цукроза	204	210	238	260	288	325	370
Масова частка сухих речовин, %	фруктоза	78,9	81,6	84,3	86,9	89,2	92,1	94,8
	цукроза	67,1	68,7	70,4	72,2	74,2	76,5	78,7

«В'язкість розчинів фруктози нижча, ніж відповідних розчинів сахарози. Величини в'язкості обох розчинів різної концентрації при температурі 20 °С наведені у табл. 1.3» [44].

Таблиця 1.3 – В'язкість розчинів фруктози та сахарози при різній концентрації, Па·с·10<sup>3</sup>

Цукри	Концентрація розчину, %					
	20	30	40	50	60	70
Сахароза	1,9	3,2	6,2	15,0	57,2	400,0
Фруктоза	1,8	2,9	5,6	11,0	34,0	170,0

Відносна щільність розчинів фруктози нижче розчинів сахарози такої ж концентрації (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Відносна густина розчинів цукрів при 20 °С

Цукри	Вміст цукру в г/100 г розчину							
	5	10	20	30	40	50	60	70
Сахароза	1,0197	1,0400	1,0830	1,1291	1,1787	1,2320	1,2891	1,3500
Фруктоза	1,0180	1,0385	1,0816	1,1276	1,1769	1,2295	1,2853	1,3444

«Крім того, фруктоза, як моносахарид, має меншу гідратацію у водних розчинах порівняно з дисахаридами та сахарозою, утворюючи менш стійкі гідрати через слабші водневі зв'язки» [45]. «На відміну від цукрози, фруктоза дуже повільно кристалізується з перенасичених розчинів» [46].

Солодкість фруктози залежить від її форми, при цьому найбільшу солодкість має кристалічна фруктоза у формі  $\beta$ -D-фруктопіранози. У розчині фруктоза існує у фуранозній та піранозній формах, а також у вигляді аномерів. «Фуранозна форма значно менш солодка, ніж піранозна, тому солодкість розчинів фруктози в основному залежить від рівноваги між цими двома формами. Встановлення цієї

рівноваги залежить від багатьох факторів: тривалості, температури, рН середовища та концентрації розчину» [40].

Вважається, що основна рівновага досягається протягом перших 20 хвилин після розчинення фруктози, проте остаточна рівновага настає приблизно через добу. Наприклад, «солодкість свіжоприготованого 5%-го розчину фруктози при кімнатній температурі становить приблизно 1,45, а наступного дня – лише 1,25» [39]. Таким чином, при виробництві низькокалорійних напоїв краще отримувати їх у вигляді порошку, який можна легко розчинити у воді безпосередньо перед вживанням. «У цьому випадку швидке розчинення фруктози є перевагою, а її солодкість – найвищою» [44].

Солодкість розчинів фруктози значною мірою залежить від температури. Дані про вплив температури на солодкість 5%-го розчину фруктози порівняно з сахарозою представлені на рис. 1.1.

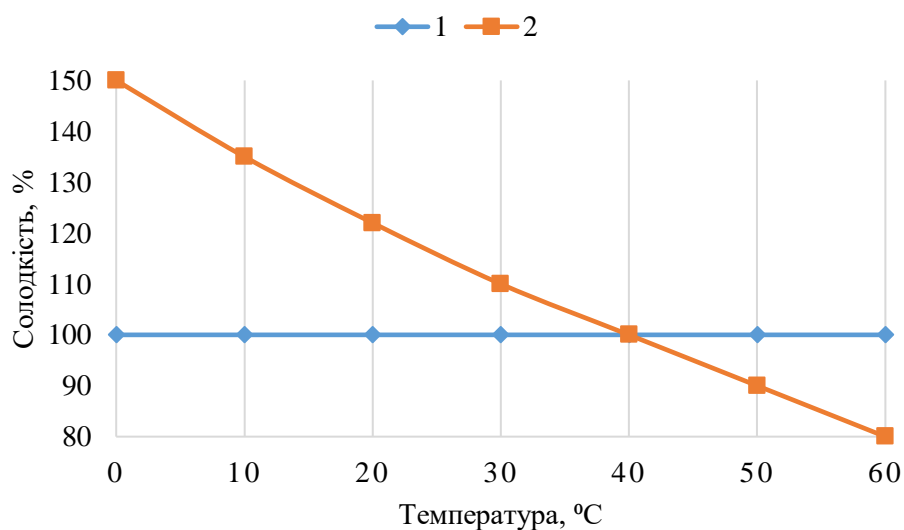


Рисунок 1.1 – Зміна солодкості цукрів залежно від температури:

1 – сахароза, 2 – фруктоза

«Ці дані свідчать, що якщо при 15 °C солодкість розчину фруктози становить приблизно 130 %, то при 40 °C вона дорівнює солодкості сахарози. При охолодженні нагрітих розчинів фруктози їхня солодкість знову підвищується, за умови, що в процесі не відбулося руйнування фруктози» [46].

«Солодкість фруктози певною мірою залежить від рівня рН. Для досягнення максимальної солодкості фруктозу краще використовувати в продуктах зі слабокислим або нейтральним середовищем» [47].

Важливою властивістю фруктози є її синергічна здатність у суміші з іншими синтетичними замінниками цукру (підсолоджувачами) створювати харчові добавки високого ступеня солодкості. Синергія – це комбінований вплив кількох речовин, який перевищує дію, що надається кожним компонентом окремо. Наприклад, «солодкість суміші 99,7% фруктози та 0,3% сахарину в 3-4 рази перевищує солодкість сахарози. Солодкість суміші з однієї третини фруктози та двох третин сахарози дорівнює солодкості чистої фруктози, що дозволяє зменшувати витрату сахарози при приготуванні різних продуктів» [48].

Навіть створено суміш фруктози та вітаміну С – фруктовіт, 40 г якого замінюють майже 70 г сахарози.

При застосуванні фруктози у харчовій промисловості необхідно враховувати її хімічні властивості. «Порівняно з сахарозою, вона є термічно менш стійкою. Для розчинів фруктози в інтервалі температур 40-140 °С ізокаталітична точка відповідає значенню рН 3,5-4,0. У разі відхилення величини рН від ізокаталітичної точки швидкість розпаду фруктози різко зростає. У лужному середовищі стійкість фруктози різко знижується» [40]. Наприклад, при рН 7 швидкість розкладання у 260 разів більша, ніж при рН 3,5. «У зоні рН менше швидкість розкладання фруктози в 10 разів вища, ніж у глюкози» [39]. Термічну стійкість фруктози необхідно враховувати при приготуванні кондитерських виробів, особливо борошняних, застосовуючи при випіканні нижчі температури.

Фруктоза є редукуючим цукром. Вона бере участь у реакції Маяра, взаємодіючи з амінокислотами, пептидами та білками. Ряд продуктів цієї реакції має приємний смак. «Ця властивість фруктози використовується для посилення смаку м'ясних страв та при виробництві харчових приправ» [49].

Фруктоза здатна легко утворювати комплексні сполуки з металами в широкому діапазоні рН. Це може призвести до посилення гіркового присмаку в низькоякісній каві або компонентах какао.

Фруктоза широко застосовується у виробництві кондитерських виробів. Відомий, наприклад, «спосіб виготовлення халви на основі фруктози. Для цього карамельну масу готують шляхом розчинення фруктози в патоці, підігрітій до 100-110 °С, протягом 3-5 хвилин» [50]. Отриману суміш потім уварюють протягом 12-17 хвилин при температурі 136-140 °С. Після цього до увареної суміші додають екстракт мильного кореня і збивають карамельну масу, яку потім змішують з тертою соняшниковою масою. «Включення фруктози збільшує термін зберігання халви та розширює асортимент продукції» [50].

Також фруктоза використовується «як антикристалізатор у виробництві фруктово-ягідних та лікерних начинок для карамелі. Заміна традиційних антикристалізаторів на фруктозу дещо спрощує технологічний процес, оскільки скорочуються операції зі зберігання та підготовки патоки до виробництва або приготування інвертного сиропу» [51].

Застосування фруктози у виробництві піноподібних кондитерських виробів на основі пектину, таких як зефір, обмежене через низку її властивостей. До них належать: низька гідратаційна здатність, висока гігроскопічність та вкрай повільна кристалізація з перенасичених розчинів. Ці фактори значно ускладнюють процес студнеутворення та подовжують період стабілізації продукту.

Висновки по розділу.

Розробка функціональних кондитерських виробів стає провідним напрямом у сучасній харчовій індустрії. Особливий потенціал для створення таких продуктів мають пастильні вироби, зокрема зефір, завдяки значному вмісту пектину. Цей компонент є не лише технологічно важливим, а й цінним для здоров'я людини функціональним інгредієнтом.

Однак, суттєвим недоліком зефіру, як і більшості кондитерських виробів, є наявність цукру в складі. Його надмірне вживання провокує розвиток багатьох захворювань, включаючи цукровий діабет, проблеми серцево-судинної системи та карієс.

Саме тому останніми роками активно ведуться роботи зі створення та впровадження підсолоджувачів. Основною складністю у використанні більшості підсолоджувачів у кондитерській промисловості є їхня надзвичайна інтенсивність солодощі – вони в сотні разів солодші за сахарозу. Це призводить до відсутності необхідного об'єму для заміщення цукру. Крім того, у багатьох кондитерських виробках цукор виконує роль структуроутворюючого компонента. З огляду на це, як цукрозамінники в кондитерській промисловості найчастіше застосовують сорбіт, ксиліт та фруктозу, оскільки їхній показник солодощі близький до цукру. Втім, останнім часом виявлено токсичні властивості ксиліту та сорбіту, що робить фруктозу більш кращим варіантом.

Незважаючи на це, застосування фруктози у виробництві кондитерських виробів також має свої обмеження через її специфічні властивості: вона є редукуючим цукром, має високу гігроскопічність і повільно кристалізується з перенасичених розчинів.

Таким чином, з огляду на аналіз літературних джерел, стає очевидним, що розробка нової технології виробництва кондитерських виробів функціонального призначення на основі фруктози, зокрема зефіру, має велике теоретичне та практичне значення.

## 2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Об'єкти та методи дослідження

Для проведення досліджень використовували таку сировину:

- Пектин яблучний: ДСТУ 6088:2009 «Пектин. Технічні умови»;
- Патока крохмальна: ДСТУ 4498:2005 «Патока крохмальна. Технічні умови»;
- Цукор-пісок: ДСТУ 4623:2023 «Цукор. Технічні умови»;
- Фруктоза: ТУ У, 82.9-31641954-003:2013;
- Яблучне пюре: ДСТУ 8639:2016 «Пюре-напівфабрикати фруктові. Загальні технічні умови»;
- Крохмаль кукурудзяний: ДСТУ 3976:2000 «Крохмаль кукурудзяний сухий. Технічні умови».

У процесі дослідження було застосовано такі методи: масову частку вологи в сипких інгредієнтах визначали методом висушування за допомогою приладу ПШВІ-1, а у рідких компонентах і готовому зефірі – за допомогою рефрактометричного методу [34].

Вимірювання в'язкості здійснювали з використанням віскозиметрів Воларовича РВ-8 та Реотест-2. Показники пластичної міцності визначали на конічному пластометрі та структурометрі С-1 [31].

Харчову та енергетичну цінність продукції обчислювали за допомогою розрахункових методів відповідно до чинних рекомендацій [35].

### 2.2 Характеристика використаного обладнання

У лабораторних умовах водно-пектинову суміш готували за допомогою установки (рис. 2.1), яка включала такі основні вузли та елементи: пектинорозчинник – 1 з водяною сорочкою – 2 і двома пропелерними мішалками – 3; електродвигун – 4, який забезпечував обертання вала мішалок; пульт керування – 5.

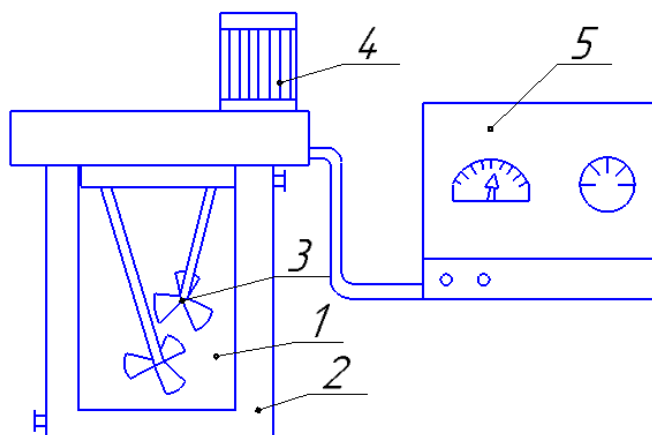


Рисунок 2.1 – Експериментальна установка для отримання водно-пектинової суміші

У змішувальну камеру пектинорозчинника – 1 додавали 200 мл води та 18,33 г сухого яблучного пектину, змішаного з 36,66 г фруктози. Суміш підігрівали до температури 20–80 °С за допомогою водяної сорочки – 2 і одночасно перемішували зі встановленою частотою обертання. Мішалки – 3 приводили в рух електродвигуном – 4, а швидкість їх обертання регулювали через пульт управління.

Для отримання та дослідження властивостей піноподібних мас застосовували експериментальну збивальну установку (рис. 2.2), яка складається з таких основних елементів: камера збивання – 1; двигун – 2 із частотним керуванням – 3.

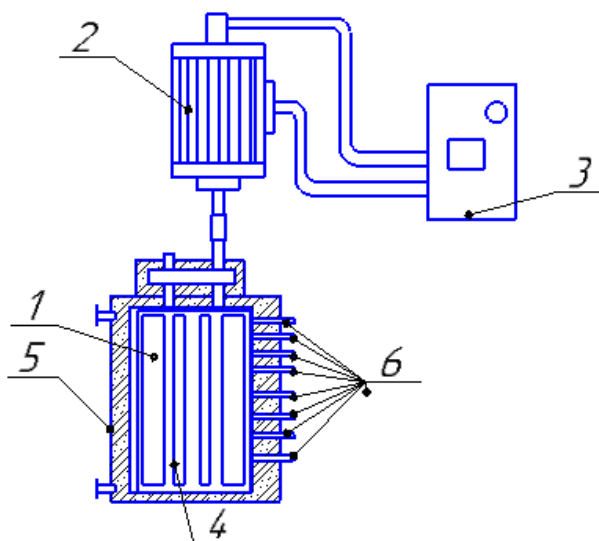


Рисунок 2.2 – Збивальна установка для отримання та дослідження піноподібних мас

Камера збивання представляє собою камеру з двома рамними мішалками – 4, обладнану водяною сорочкою – 5, а також одинадцятьма проміжними штуцерами – 6 для відбору проб.

Рецептурну суміш (яєчний білок; яєчний білок із сахарозою та яблучним пюре; яєчний білок із фруктозою; яєчний білок із фруктозою та яблучним пюре) у кількості 20 мл через завантажувальний штуцер вводили в комірку за допомогою шприца та термостатували протягом 10 хвилин при перемішуванні. Після цього суміш збивали заданий час із частотою обертання мішалки 1200 об/хв. У міру наповнення пробовідбірних штуцерів піну відбирали шприцом для подальшого аналізу.

### 2.3 Методика визначення студнеутворюючої здатності пектину у виробництві зефіру

Для визначення здатності пектину утворювати студні при виробництві зефіру, а також для оцінки впливу рецептурних компонентів, включно з фруктозою, на процес студнеутворення під час вистоювання зефіру, застосовували об'єктивну оцінку цієї властивості пектину. Готували мармеладну пробу на основі уніфікованої рецептури зефіру «Ванільний», використовуючи всі компоненти рецепту, окрім яєчного білка. Процес приготування полягав у наступному: 3,25 г пектину (з точністю до 0,01 г) змішували з подвійною кількістю цукру-піску, додавали 72,27 г яблучного пюре (СР 10%) і залишали для набухання на 2 години.

До готової яблучно-пектинової суміші, що постійно перемішувалась, додавали буферну сіль (лактат натрію) і 156,5 г цукру-піску. Суміш нагрівали з перемішуванням до повного розчинення цукру, потім вводили 34,7 г патоки, підігрітої до 60 °С, а через 30–40 секунд додавали 2,56 г молочної кислоти. При досягненні масової частки сухих речовин 71 % масу розливали у мармеладні форми і витримували при кімнатній температурі 30–40 хвилин, після чого проводили органолептичну оцінку желеподібної консистенції.

Паралельно мармеладну масу розливали у бюкси розмірами  $h = 39$  мм і  $d = 40$  мм, поверхню яких покривали вазеліновим маслом (3–4 краплі з піпетки), і витримували при кімнатній температурі (20–22 °С) протягом 5,5 годин.

Для проведення досліджень використовували електронний структурометр (рис. 2.3).

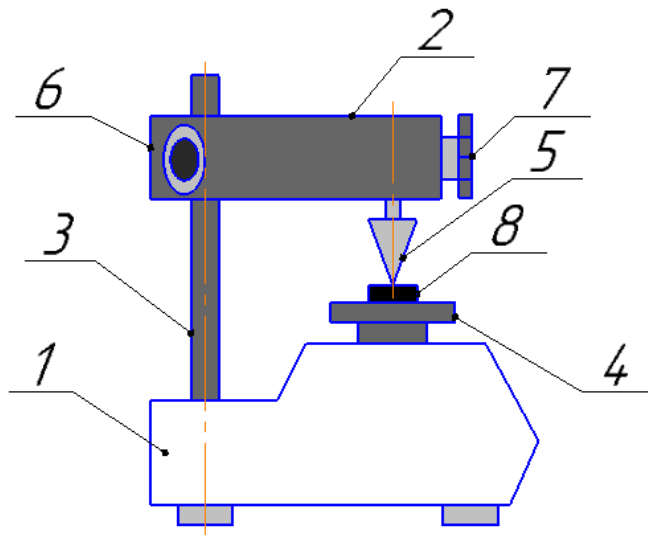


Рисунок 2.3 – Електронний структурометр С-1:

1 – блок управління; 2 – вимірювальна головка; 3 – вертикальна штанга; 4 – столик; 5 – змінний робочий інструмент; 6, 7 – гвинт; 8 – бюкса з масою

Заповнену масою бюксу встановлювали на предметний столик так, щоб її центральна вісь співпадала з віссю робочого інструменту структурометра (конус під кутом 45°). Столик рухався вгору з заданою швидкістю, при цьому відлік переміщення починався з початку руху. Потім столик повертали назад у вихідне положення з максимальною швидкістю. На індикаторі фіксували максимальне зусилля як під час підйому столика, так і при його опусканні. Міцність пектинового холодця визначали за формулою:

$$P_k = \frac{K \cdot F}{h^2} \quad (2.1)$$

де  $P$  – пластична міцність, кПа;

$F$  – максимальне зусилля під час руху столика вгору, Н;

$h$  – переміщення столика, м;

$K$  – безрозмірний коефіцієнт ( $K= 0,658$ ).

Для вивчення впливу фруктози на здатність пектину утворювати студні мармеладну пробу готували так: 3,25 г пектину (з точністю до 0,01 г) змішували з подвійною кількістю фруктози, додавали 72,27 г води і залишали для набухання на 2 години.

До готової водно-пектинової суміші при постійному перемішуванні додавали буферну сіль (лактат натрію) та 156,5 г фруктози. Суміш нагрівали з перемішуванням до повного розчинення фруктози, після чого додавали 2,56 г молочної кислоти. При досягненні 71 % масової частки сухих речовин масу розливали у мармеладні форми і витримували при кімнатній температурі 30–40 хвилин. Паралельно мармеладну масу розливали у бюкси та досліджували за допомогою структурометра.

Висновки по розділу.

У результаті проведених досліджень було визначено об'єкти дослідження – зразки піноподібних та желеподібних мас на основі пектину з додаванням різних рецептурних компонентів, зокрема фруктози, яблучного пюре, яєчного білка та сахарози. Для дослідження фізико-хімічних властивостей сумішей використовували експериментальні установки, зокрема збивальну установку та пектинорозчинник, а також електронний структурометр для оцінки пластичної міцності холодців.

Методика визначення студнеутворювальної здатності пектину базувалась на уніфікованій рецептурі зефіру «Ванільний» (без яєчного білка) із контролем технологічних параметрів процесу. Була розроблена та реалізована схема приготування мармеладної проби з використанням буферної солі, фруктози або цукру, та молочної кислоти. Визначення структурно-механічних властивостей пектинового гелю дозволило об'єктивно оцінити вплив фруктози на процес студнеутворення та якість готової продукції.

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Дослідження процесу студнеутворення пектинового розчину на основі фруктози

«Для формування піноподібних дисперсних систем необхідно забезпечити ефективно протікання процесів утворення піни та забезпечення її стійкості» [32].

У технології виробництва пастильних виробів основну роль відіграють фізико-хімічні процеси піноутворення та студнеутворення, які повинні відбуватися у чітко визначеній послідовності з метою досягнення стабільної структури та високої якості готової продукції.

«Керуючи інтенсивністю піноутворення та рівномірністю розподілу повітряних бульбашок, формують піноподібну структуру. Подальша стабілізація піни відбувається шляхом студнеутворення дисперсійного середовища, у результаті чого закріплюються пружно-еластичні властивості плівок, що утворюють піну» [32].

Отже, завдяки керуванню процесами піноутворення та студнеутворення можливо створювати пастильні вироби з наперед визначеними характеристиками.

У виробничому процесі зефіру (незалежно від того, чи він періодичний, чи безперервний) ключовим, найскладнішим у регулюванні й вирішальним є процес студнеутворення. Саме тому під час розробки нових піноподібних кондитерських виробів насамперед необхідно глибоко дослідити механізм студнеутворення та чинники, що на нього впливають.

Для ініціювання коагуляції пектинових молекул необхідно знизити полярність водного середовища, підвищити його поверхневий натяг і в'язкість шляхом внесення цукру. «Зі зростанням концентрації цукру збільшується поверхневий натяг, а молекули води сильніше зв'язуються з сахарозою, що призводить до зниження полярності води» [32]. Це підсилює різницю між полярністю рідкої та твердої фаз, сприяючи агрегації гідрофільних молекул пектину. Чим більший вміст пектину в розчині, тим більша необхідна кількість цукру для студнеутворення та вища швидкість коагуляції.

Однак додавання цукру саме по собі є недостатнім для агрегації пектинових молекул. Пектини мають на поверхні негативний заряд і потенціал, формуючи подвійний електричний шар. При зближенні до відстані перекриття їх дифузійних шарів виникає взаємне відштовхування, що перешкоджає коагуляції.

«Серед загущувачів, які використовуються у виробництві, поширеними є пектин, агар, агароїд, фуцеларан, модифікований крохмаль та желатин» [32].

Особливу увагу привертає пектин, оскільки, крім структуроутворюючої функції, він також виступає функціональним інгредієнтом пастильних виробів, надаючи їм лікувально-профілактичні властивості.

«Фруктоза характеризується рядом специфічних фізико-хімічних властивостей, які впливають на формування структури пектинового холодцю та зефіру. Вона має високу гігроскопічність і починає поглинати вологу з повітря вже за відносної вологості 45–50 %» [32].

Фруктоза добре розчиняється у воді – при температурі 80 °С розчинність становить 1820 г на 100 мл (масова частка сухих речовин – 94,8 %), у той час як для сахарози цей показник – 370 г (СР – 78,7 %). Фруктоза ефективніше за сахарозу сприяє підвищенню розчинності пектину у водному середовищі (рис. 3.1).

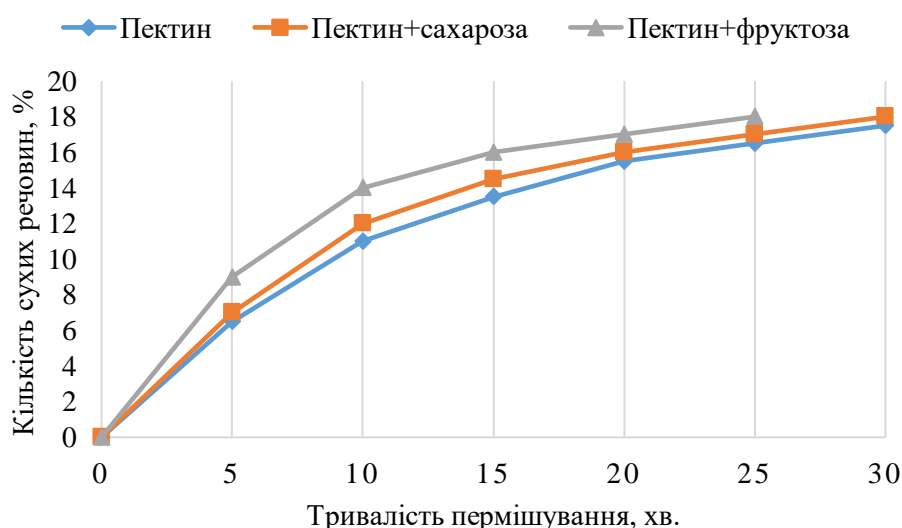


Рисунок 3.1 – Залежність розчинності рецептурних компонентів у воді від тривалості перемішування при температурі 80 °С та перемішування 900 об/хв

У процесі концентрування сиропів спостерігається підвищення їх в'язкості: при температурі 85 °С в'язкість сахаро-патокового сиропу з масовою часткою сухих речовин (СР) 85 % становить 0,5 Па·с, фруктозного сиропу за тієї ж концентрації – 0,25 Па·с, а при СВ 90 % – 0,4 Па·с. Заміна сахарози на фруктозу у складі призводить до зниження в'язкості мармеладних мас (рис. 3.2).

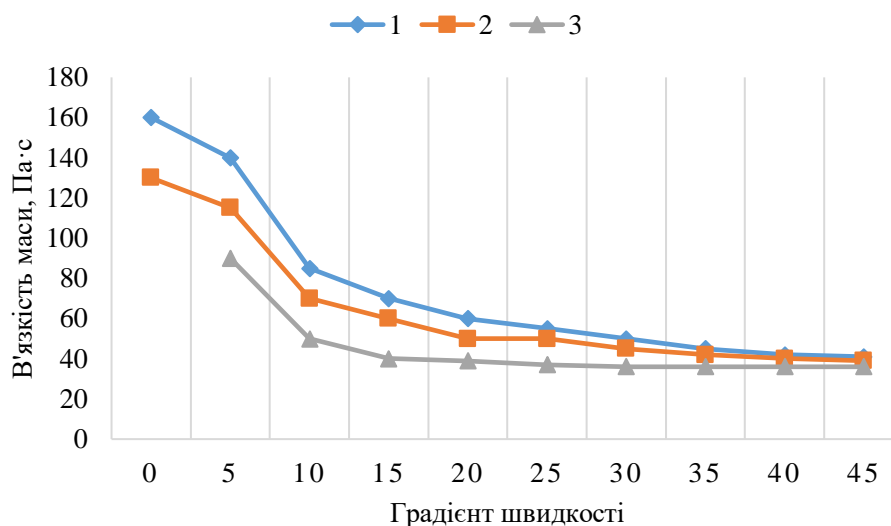


Рисунок 3.2 – Залежність ефективної в'язкості желевної маси від градієнта швидкості наступного складу: 1– (Пектин + Сахароза + Яблучне пюре + Лактат натрію + Патока + Молочна кислота); 2 – (Пектин + Сахароза + Лактат натрію + Патока + Молочна кислота); 3 – (Пектин + Фруктоза + Лактат натрію + Молочна кислота)

«Фруктоза, як моносахарид, на відміну від дисахариду сахарози, має нижчий ступінь гідратації у водних розчинах і формує менш стабільні гідрати через слабші водневі зв'язки. Температура плавлення фруктози становить 104 °С, тоді як у сахарози – 184–185 °С» [32].

У кислому середовищі при рН 3,5–4,0 фруктоза демонструє високу стійкість, тоді як сахароза – при рН 7,0.

Отже, з огляду на властивості фруктози, можна прогнозувати, що її використання у виробництві жележних мас спричиняє уповільнення процесу студнеутворення та зменшення міцності холодно.

Результати експериментальних досліджень студнеутворення пектинового холодцю на основі фруктози підтвердили ці теоретичні припущення – зафіксовано зниження міцності студня порівняно з продуктом на основі сахарози (рис. 3.3).

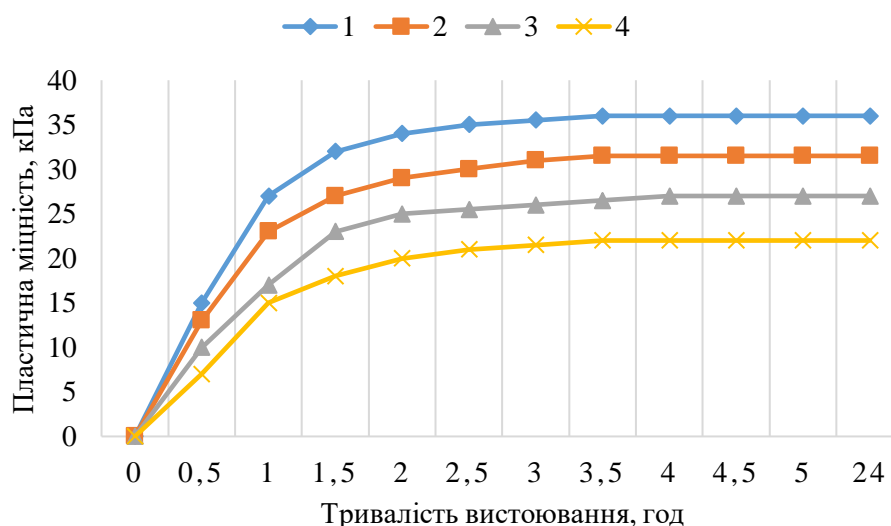


Рисунок 3.3 – Залежність пластичної міцності желейної маси від тривалості вистоювання при наступному складі: 1 – (Пектин + Сахароза + Яблучне пюре + Лактат натрію + Патока + Молочна кислота); 2 – (Пектин + Сахароза + Лактат натрію + Патока + Молочна кислота); 3 – (Пектин + Фруктоза + Яблучне пюре + Лактат натрію + Молочна кислота); 4 – (Пектин + Фруктоза + Лактат натрію + Молочна кислота)

Наявність яблучного пюре в розчині пектинових молекул і фруктози сприяє їх агрегуванню та підвищенню міцності холодцю (рис. 3.3, крива 3), тобто функціональна роль яблучного пюре в процесі студнеутворення пектинового студня не залежить від типу цукру.

Максимальна міцність пектинового студня на основі фруктози (суміш: пектин + фруктоза + яблучне пюре + лактат натрію + молочна кислота) досягається при концентрації молочної кислоти (у перерахунку на яблучну) 1,0–1,1 % і рН 3,0–3,1. Для складу, що містить сахарозу, ці параметри становлять 1,1–1,3 % та рН 2,8–3,0 відповідно (рис. 3.4).

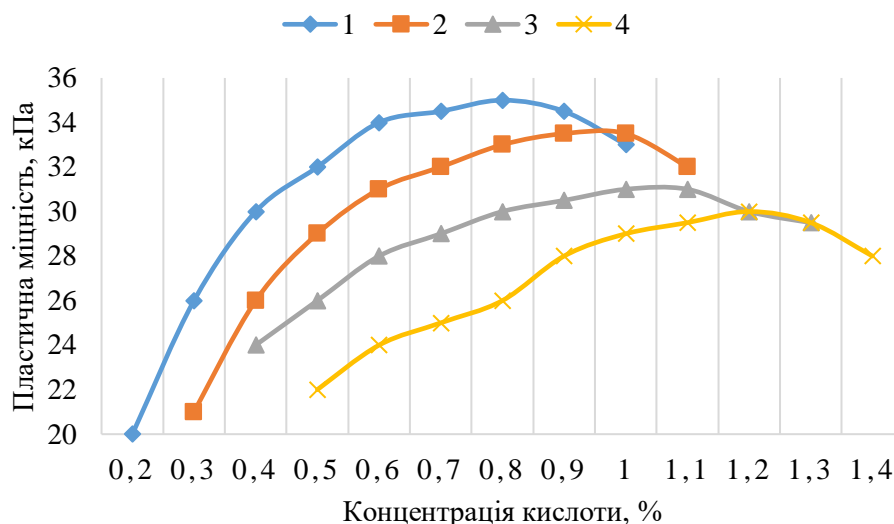


Рисунок 3.4 – Залежність пластичної міцності желевної маси від концентрації молочної кислоти у перерахунку на яблучну наступного складу: 1 – (Пектин + Сахароза + Яблучне пюре + Лактат натрію + Патока + Молочна кислота); 2 – (Пектин + Сахароза + Лактат натрію + Патока + Молочна кислота); 3 – (Пектин + Фруктоза + Яблучне пюре + Лактат натрію + Молочна кислота); 4 – (Пектин + Фруктоза + Лактат натрію + Молочна кислота)

Наявність яблучного пюре в розчині пектинових молекул знижує концентрацію кислоти, необхідну для коагуляції колоїдних частинок і досягнення максимальної пластичної міцності студня.

Аналіз структуроутворення пектинового студня на основі фруктози свідчить, що для ефективного зменшення заряду дифузійного шару та інтенсивної коагуляції пектинових молекул при рН 3,0–3,2 потрібна концентрація кислоти 0,9–1,1 %, тоді як без додавання яблучного пюре вона становить 1,1–1,3 %. Для холодцю на основі сахарози ці показники ще нижчі.

### 3.2 Вплив фруктози на властивості зефіру на пектині

Аналіз властивостей фруктози та результати експериментальних досліджень засвідчили, що фруктоза інтенсифікує піноутворення, водночас знижує стійкість

піни, уповільнює студнеутворення, зменшує міцність гелевої структури, підвищує гігроскопічність готових виробів та сповільнює кристалізацію сахарози.

У зв'язку з цим при створенні технології виробництва зефіру з використанням фруктози можуть виникати такі ускладнення: зниження формостійкості під час відсадження, затримка процесу гелеутворення на етапі вистоювання, збільшення тривалості сушіння та, відповідно, підвищення енергоспоживання.

Експериментальні дослідження були спрямовані на вирішення зазначених технологічних проблем.

З рецептури зефіру на основі фруктози було виключено яблучне пюре. Це пюре, що традиційно використовується у виробництві мармеладо-пастильної продукції, містить приблизно 1,0–1,2 % пектину, 0,6–1,0 % кислот, 6–10 % цукрів і 85–90 % води. Усі компоненти, окрім води, можуть бути введені до рецептури окремо, без зниження харчової цінності зефіру. Зменшення кількості води, що надходить із пюре, дозволяє регулювати вміст сухих речовин у зефірній масі.

«Під час розроблення технології виробництва зефіру з використанням фруктози були досліджені такі основні етапи:

- приготування водно-пектинової суміші;
- приготування фруктозного сиропу;
- отримання зефірної маси;
- вистоювання;
- зберігання готового зефіру» [32].

Тривалою та важливою технологічною операцією у виробництві класичного зефіру на пектиновій основі є етап приготування яблучно-пектинової суміші.

«Сухий порошкоподібний пектин попередньо змішують вручну з цукром-піском, після чого вводять у яблучне пюре при безперервному перемішуванні. Через високу гідрофільність та значну питому поверхню пектину в порошкоподібному вигляді під час його додавання до пюре відбувається утворення грудочок» [32]. Ці грудки вкриваються драглистою оболонкою, яка ускладнює

подальше розчинення пектинових речовин. Для повного руйнування таких згустків та переходу пектину в розчин необхідно 2–4 години.

У технології виготовлення зефіру з використанням фруктози виключено яблучне пюре, натомість передбачається розчинення пектину у воді. У зв'язку з цим досліджувався вплив фруктози на розчинення пектину у водному середовищі (рис. 3.1).

Встановлено, що при застосуванні фруктози процес розчинення пектину відбувається інтенсивніше, одержана суміш має нижчу в'язкість, що дає змогу збільшити вміст СР у збиваній масі й водночас покращити її щільність (рис. 3.5).

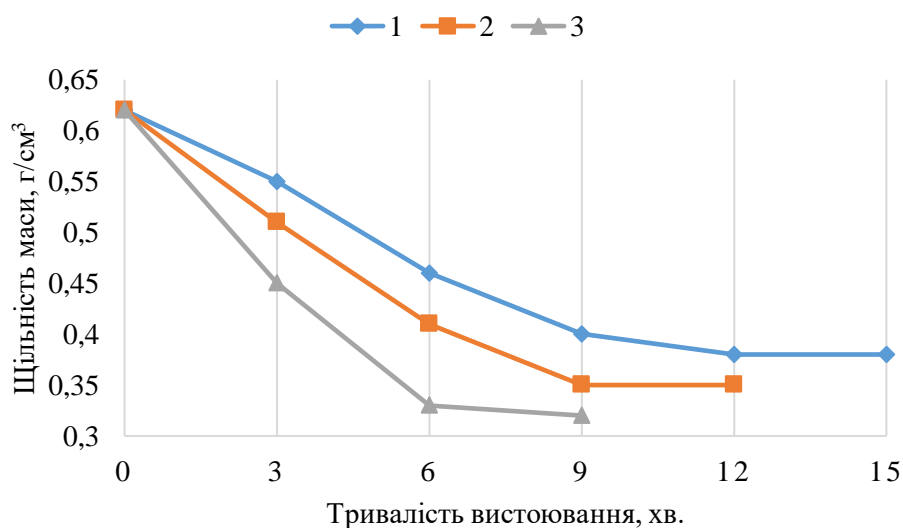


Рисунок 3.5 – Кінетика зміни щільності зефірної маси (перед додаванням сиропу в масу) у процесі збивання при частоті обертання мішалки  $10\text{ с}^{-1}$ : 1 – за традиційною технологією на сахарозі (СР зб. маси = 53%); 2 – за розробленою технологією на фруктозі (СР зб. маси = 63%); 3 – за традиційною технологією при заміні сахарози на фруктозу (СР зб. маси = 53%)

В'язкість розчинів на основі фруктози менша порівняно з традиційними, що дозволяє концентрувати фруктозний сироп до масової частки СР 90–92 %, у той час як для сахаро-патокового сиропу цей показник становить 85 % (рис. 3.6).

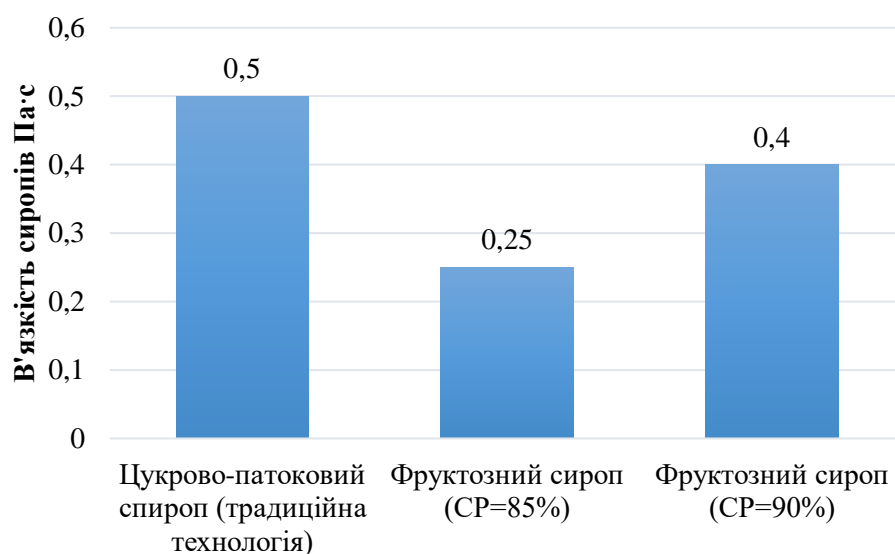


Рисунок 3.6 – В'язкість сиропів при градієнті  $24,4 \text{ c}^{-1}$ , при  $85 \text{ }^\circ\text{C}$

Під час згущення сиропів спостерігається підвищення в'язкості за температури  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ :

- для цукрово-патокового сиропу (СР = 85%) –  $0,5 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ;
- для фруктозного сиропу (СР = 85%) –  $0,25 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ;
- для фруктозного сиропу (СР = 90%) –  $0,4 \text{ Па}\cdot\text{с}$ .

Таким чином, за рахунок підвищення вмісту СР у збиваній рецептурній суміші до 63 % (замість 53 % за традиційною технологією) та у фруктозному сиропі до 90–92 % (замість 85 %) вдалося досягти зростання масової частки СР у готовій зефірній масі до 73–75 %. За умови залишкової вільної вологи на рівні 1–3 %, це не потребує зміни режимів вистійки та не призводить до уповільнення процесу структуроутворення.

За результатами вимірювання пластичної міцності зефіру під час вистійки встановлено високу збіжність показників для зразків на основі фруктози й за традиційною рецептурою (рис. 3.7).

Це дає підстави вважати, що формоутримуюча здатність зефіру при відсаджуванні, фасуванні та зберіганні залишатиметься на належному рівні, без деформації структури та порушення зовнішнього вигляду.

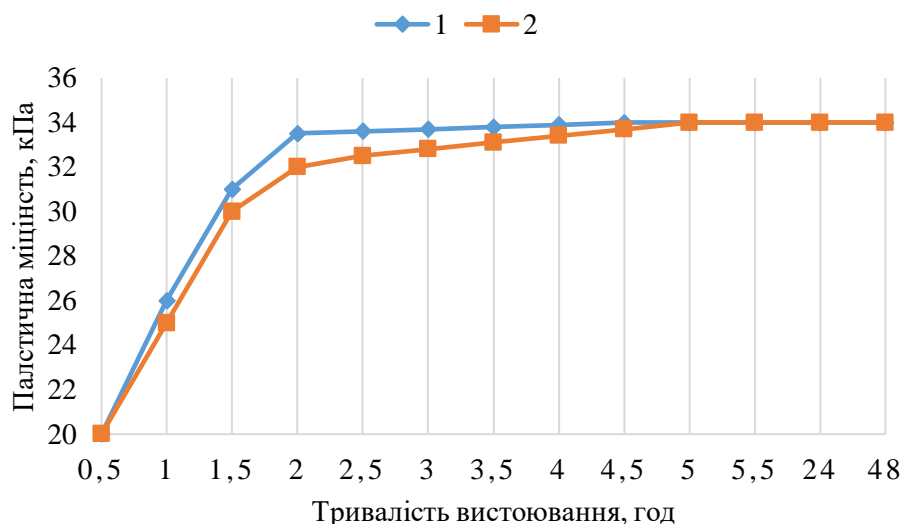


Рисунок 3.7 – Залежність пластичної міцності зефіру від тривалості вистоювання: 1 – за традиційною технологією на сахарозі; 2 – за розробленою технологією на фруктозі

Початкове зростання міцності – у перші 1,5–2 години вистоювання обидві зразки (1 – традиційна рецептура, 2 – на основі фруктози) демонструють стрімке зростання пластичної міцності. Це свідчить про активну фазу структуроутворення.

Після 3 годин вистоювання обидві криві мають незначні коливання, що свідчить про завершення процесу гелеутворення. Пластична міцність зразка на фруктозі лише трохи нижча, ніж у традиційного. Зефір, виготовлений на основі фруктози, за показником пластичної міцності після вистоювання лише незначно поступається зразку за традиційною рецептурою, що дозволяє вважати його повноцінною альтернативою за структурними властивостями.

### 3.3 Дослідження зефіру на основі фруктози та пектину при зберіганні

У процесі вистоювання та сушіння зефірної маси в першу чергу видаляється «вільна» волога. У міру наближення до рівноважної вологості в масі залишається переважно зв'язана волога – близько 20 % (рис. 3.8).

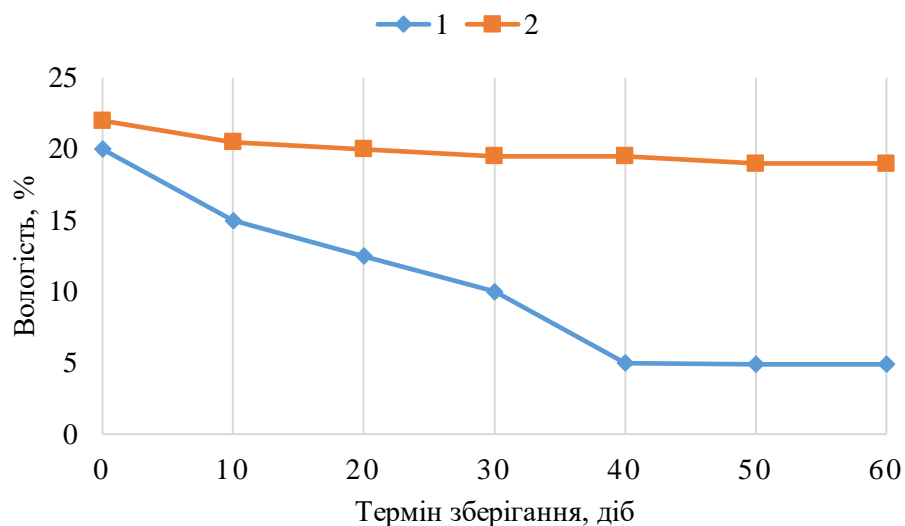


Рисунок 3.8 – Зміна вологості неглазурованого зефіру в процесі зберігання у відкритій тарі: 1 – за традиційною технологією; 2 – на основі фруктози

На основі проведених досліджень під час зберігання встановлено, що зефір на основі фруктози може зберігатися понад 4 місяці. Водночас, через високу гігроскопічність фруктози, необхідно використовувати герметичну упаковку для забезпечення стабільності якості виробу.

Протягом 60 діб для зефіру, виготовленого за традиційною технологією, спостерігається значне зниження вологості – з 21 % до 5 %. Це вказує на втрату вологи через поступове висихання, що характерно для зефіру на сахарозі при недостатньо герметичному пакуванні.

Для зефіру з фруктозою, вологість знижується повільніше – з 23 % до приблизно 19 %, і надалі залишається стабільною. Це свідчить про вищу гігроскопічність фруктози, яка сприяє утриманню вологи з навколишнього середовища, а також кращу вологозв'язувальну здатність пектинової структури.

Отже, встановлено, що зефір на фруктозі краще зберігає вологість протягом зберігання, що зменшує ризик пересушування. Зефір за традиційною рецептурою швидко втрачає вологу, що знижує його якість при тривалому зберіганні. Рекомендовано використовувати герметичне пакування як для фруктозного, так і

для традиційного зефіру, особливо для останнього – через його вразливість до втрати вологи.

Ключовим аспектом при створенні кондитерських виробів із функціональними властивостями є вміст функціональних компонентів. У зефірі таким компонентом виступає пектин.

«Пектини є джерелом як розчинних, так і нерозчинних харчових волокон, що відіграють важливу роль у забезпеченні нормального функціонування травної системи. Вони характеризуються високою здатністю до набухання та адсорбції: 1 г пектину може зв'язати та вивести з організму від 160 до 420 г стронцію. Крім того, пектин і продукти, що його містять, сприяють виведенню з організму не лише радіонуклідів, але й важких металів, токсичних елементів, гербіцидів та інших забруднень, що потрапляють у шлунково-кишковий тракт» [32].

Сьогодні харчова промисловість України активно випускає продукти з додаванням пектину й постійно розширює їх асортимент. Пектин широко застосовується у виробництві фруктового пюре, киселів, сирів, мармеладів, желе, напоїв, фруктових начинок. У продуктах, що рекомендовані для лікувально-профілактичного харчування, його вміст становить у межах 2,3–6,4 %.

У запропонованій рецептурі зефіру (табл. 3.1) як підсолоджувач використано фруктозу, а такі джерела вуглеводів, як цукор, патока та яблучне пюре, виключено.

Таблиця 3.1 – Рецептурний склад зефіру, на 100 г

Рецептурні компоненти	Зефір на цукрозі	Зефір на фруктозі
Цукор пісок	67,0	–
Патока	14,3	–
Пюре яблучне	30,0	–
Пектин яблучний	1,3	1,8
Кислота молочна	0,8	1,8
Лактат натрію	0,5	0,5
Яєчний білок	6,5	6,5
Цукрова пудра	3,0	–
Фруктоза	–	77,8
Кориця чи какао порошок	–	3,0

Одночасно підвищено масову частку пектину, що сприятиме покращенню харчової цінності виробу (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Харчова та енергетична цінність зефіру

Найменування продукту	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Енергетична цінність, ккал/100 г
Зефір на сахарозі «Ванільний»	0,7	–	81,3	304
Зефір на фруктозі в крохмалі	0,7	–	80,6	297
Зефір на фруктозі в какао порошку	1,4	0,5	78,8	297
Зефір на фруктозі в кориці	0,7	–	78,0	290
Зефір на фруктозі в шоколаді	2,2	10,9	72,9	345

Пектин виступає основним функціональним компонентом. Споживання 100 г зефіру, виготовленого на основі фруктози, забезпечує 52 % добової потреби в пектині, тоді як аналогічна порція зефіру на сахарозі – 45 %.

Ще одним функціональним інгредієнтом є фруктоза. Для осіб із цукровим діабетом добова доза фруктози має бути обмежена до 30 г. Така кількість фруктози міститься у 38,5 г зефіру, що еквівалентно двом половинкам виробу.

Висновки по розділу.

У результаті дослідження процесу студнеутворення пектинового розчину на основі фруктози встановлено, що присутність яблучного пюре у пектиновій системі знижує кислотність, необхідну для коагуляції пектинових молекул і досягнення максимальної пластичної міцності структурного каркасу. Водночас при використанні фруктози без яблучного пюре кислотність для ефективного структуроутворення дещо зростає, що пояснюється відсутністю природних кислот яблучного пюре.

Встановлено, що фруктоза впливає на технологічні властивості зефірної маси: прискорює утворення піни, але знижує її стійкість, сповільнює процес студнеутворення та зменшує міцність сформованої структури. Також фруктоза підвищує гігроскопічність готового продукту і уповільнює процес кристалізації, що може ускладнювати умови формування та сушіння зефіру. Це вимагає адаптації технологічних параметрів і виключення з рецептури яблучного пюре.

Для усунення ефекту комкування пектину, яке спостерігається при введенні порошкоподібного пектину до яблучного пюре, було застосовано розчинення пектину у воді з додаванням фруктози. Такий підхід забезпечив швидше й ефективніше розчинення пектину, зменшив в'язкість суміші й дав змогу підвищити вміст сухих речовин у збиваній масі. Це дозволило сформувати більш щільну й стабільну зефірну масу без погіршення її структурних характеристик.

Концентрування фруктозного сиропу до 90–92 % сухих речовин стало можливим завдяки його нижчій в'язкості у порівнянні з традиційним цукрово-патоковим сиропом, обмеженим 85 %. Це дало змогу збільшити вміст сухих речовин у зефірній масі до 73–75 %, що сприяло утриманню форми під час вистоювання без зміни її режиму, зберігаючи при цьому високі показники пластичної міцності.

Під час зберігання зефіру на сахарозі спостерігається більш інтенсивне зниження вологості у перші 30 діб, після чого вологість стабілізується на рівні 5 %. Для зефіру на фруктозі зниження вологості є менш значним і залишається на рівні близько 19–20 %. Така відмінність зумовлена більшою гігроскопічністю сахарози, що вимагає використання герметичного пакування при зберіганні.

У зефірі на фруктозі збільшено вміст пектину як функціонального інгредієнта. Споживання 100 г такого зефіру забезпечує до 52 % добової потреби в пектині. Крім того, з урахуванням обмеження для хворих на цукровий діабет, допустиме добове споживання фруктози (30 г) відповідає приблизно 38,5 г зефіру – або двом половинкам виробу. Таким чином, зефір на фруктозі має перспективи як продукт функціонального призначення за умови дотримання раціонального споживання.

#### 4 ОХОРОНА ПРАЦІ НА КОНДИТЕРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Охорона праці на кондитерському підприємстві – це не просто набір правил, а комплексна система заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі їхньої діяльності. «Це фундамент ефективного функціонування будь-якого виробництва, адже безпечні умови праці безпосередньо впливають на продуктивність, якість продукції та репутацію підприємства. У кондитерській галузі, де поєднуються механізовані процеси, робота з високими температурами, ручна праця та специфічні інгредієнти, дотримання норм охорони праці є критично важливим» [52].

Основою системи охорони праці в Україні є Конституція, Кодекс законів про працю України, Закон України "Про охорону праці" та інші нормативно-правові акти. Ці документи чітко визначають права та обов'язки роботодавців і працівників у сфері безпеки праці. «Роботодавець несе повну відповідальність за створення безпечних умов праці, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, проведення інструктажів та навчання, організацію медичних оглядів» [52]. Працівники, у свою чергу, зобов'язані дотримуватися встановлених правил, правильно використовувати засоби захисту та повідомляти про будь-які небезпечні ситуації.

«Охорона праці на кондитерському підприємстві вимагає детального розуміння та контролю численних ризиків, що можуть виникнути в процесі виробництва» [52].

Травматизм. Цей вид небезпеки є одним з найпоширеніших на будь-якому виробництві, і кондитерська галузь не є винятком. «Робітники постійно мають справу з різноманітним обладнанням, що може спричинити травми» [52]. Наприклад, порізи можливі при роботі з гострими інструментами, такими як ножі для нарізки тіста або упаковки. «Механічні травми, включаючи защемлення або удари, можуть виникнути від рухомих частин машин – мішалок, тістомісів, конвеєрних стрічок, де працівник може необережно зачепити або потрапити кінцівкою» [52].

Падіння є частим явищем через слизькі поверхні, які утворюються від пролитого жиру, розсипаного цукру, борошна або води. Опіки становлять серйозну небезпеку при роботі з гарячими печами, розігрітими сиропами, карамеллю або жиром у фритюрницях.

Електротравми пов'язані з використанням численних електричних пристроїв та установок. «Несправність електрообладнання, наприклад, пошкоджена ізоляція кабелів, несправні розетки або вилки, може призвести до прямого контакту з електричним струмом» [52]. Особливу небезпеку становить порушення правил експлуатації, як-от використання обладнання з несправними захисними елементами або проведення ремонтних робіт без відключення від електромережі. «Відсутність або несправність заземлення є критичним фактором, оскільки у разі пробою ізоляції корпусу обладнання він може опинитися під напругою, що призведе до ураження струмом при контакті» [52].

На кондитерському підприємстві використовується широкий спектр хімічних речовин, що можуть становити загрозу для здоров'я. Це насамперед миючі та дезінфікуючі засоби, які застосовуються для очищення обладнання та приміщень. «Концентровані розчини цих речовин можуть спричинити подразнення дихальних шляхів при вдиханні їхніх випарів, хімічні опіки шкіри при прямому контакті або серйозні пошкодження очей» [52]. Крім того, деякі ароматизатори, барвники та інші харчові добавки, хоч і безпечні у малих кількостях у готовому продукті, у концентрованій формі або при тривалому контакті можуть викликати алергічні реакції у чутливих осіб або подразнення слизових оболонок.

Робота з високими температурами є невід'ємною частиною кондитерського виробництва. «Основний ризик – це опіки, що можуть виникнути при контакті з розігрітими поверхнями печей, гарячими котлами для варіння сиропів, розтопленим шоколадом, карамеллю або олією у фритюрницях» [52]. Також існує ризик опіків парою, що виділяється при відкритті кришок гарячих ємностей або при роботі з паровим обладнанням. «Неналежне поводження з гарячими продуктами або посудом, а також відсутність відповідних засобів захисту (термостійкі рукавички) значно підвищують ймовірність таких інцидентів» [52].

У кондитерському виробництві постійно відбувається утворення різних видів пилу. «Борошняний пил, цукровий пил, а також пил від какао-порошку та подрібнених горіхів, що знаходяться у повітрі, можуть викликати подразнення дихальних шляхів, призводити до алергічних реакцій, а при тривалому впливі – до розвитку хронічних захворювань дихальної системи, таких як астма або професійний бронхіт» [52]. Окрім того, надмірне накопичення горючого пилу (борошна, цукру) у повітрі може створювати вибухонебезпечну суміш, що є вкрай небезпечним при наявності джерела займання (іскра, відкрите полум'я, гаряча поверхня).

«Багато технологічних процесів у кондитерському виробництві супроводжуються значним рівнем шуму та вібрації. Це стосується роботи великих тістомісильних машин, дробарок для горіхів, упаковального обладнання, компресорів та вентиляційних систем» [52]. Тривалий вплив підвищеного рівня шуму може призвести до погіршення слуху, розвитку професійної приглухуватості, а також до стресу та порушень нервової системи. «Вібрація, що передається через підлогу або інструменти, може викликати розлади опорно-рухового апарату, судинні захворювання та інші негативні наслідки для здоров'я працівників» [52].

У цехах кондитерських підприємств часто спостерігаються несприятливі параметри мікроклімату. Це, перш за все, висока температура, спричинена роботою печей, котлів та іншого теплового обладнання. «У поєднанні з підвищеною вологістю, яка є характерною для багатьох етапів виробництва (наприклад, приготування сиропів, цукерок), це може призвести до перегріву організму, зневоднення, теплових ударів та загального зниження працездатності» [52]. Недостатня вентиляція лише погіршує ситуацію, не забезпечуючи належного відведення тепла та вологи.

Ці ризики пов'язані з організацією робочих місць та характером виконуваних операцій. Багато процесів на кондитерському виробництві вимагають виконання монотонних, повторюваних рухів (наприклад, при формуванні виробів, пакуванні). «Нерідко працівники змушені працювати у незручних або вимушених позах протягом тривалого часу. Також значним ергономічним ризиком є необхідність

підняття та переміщення важких предметів – мішків з борошном чи цукром, ємностей з сировиною або готовою продукцією» [52]. Все це може призвести до розвитку професійних захворювань опорно-рухового апарату, таких «як синдром карпального каналу, тендиніти, болі у спині та шийі, що значно знижує якість життя та працездатність працівників» [52].

Важливо розуміти, що охорона праці – це не лише відповідальність керівництва. Кожен працівник є активним учасником цього процесу. Дотримання інструкцій, обережність у роботі, використання засобів індивідуального захисту, а також негайне повідомлення про будь-які несправності чи небезпечні ситуації – це прямий обов'язок кожного. «Свідома та відповідальна позиція працівників є запорукою їхньої власної безпеки та безпеки колег» [52].

Важливим кроком у вдосконаленні системи охорони праці на будь-якому підприємстві, включаючи кондитерське, є розробка та впровадження картки охорони праці (рис. 4.1). «Це не просто формальний документ, а ключовий інструмент для систематизації інформації про потенційні небезпеки та заходи їхнього запобігання на конкретному робочому місці або при виконанні певного виду робіт» [52].

Картка безпеки праці слугує своєрідною "дорожньою картою" для працівника, чітко окреслюючи всі можливі ризики, пов'язані з його діяльністю. Вона містить детальну інформацію про дотримання вимог охорони праці. «Забезпечує структурований підхід до аналізу ризиків та розробки превентивних заходів. Вся необхідна інформація з безпеки праці для конкретного робочого місця зібрана в одному документі» [52].

В умовах повномасштабної війни в Україні, питання охорони праці набувають ще більшої гостроти. Кондитерські підприємства, як і інші галузі, зіштовхуються з ризиками, пов'язаними з повітряними тривогами, можливими обстрілами та перебоями в електропостачанні. Додатковою вимогою стає розробка та відпрацювання планів дій під час повітряних тривог, організація укриттів для працівників, а також забезпечення безперебійної роботи систем оповіщення.

1. Ідентифіковані небезпеки та оцінка ризиків		
№	Небезпека	Ризик
1	Контакт з рухомими частинами обладнання (мішалки, конвеєри, пакувальні машини)	Високий: защемлення, удари, відриви кінцівок; ймовірність – середня
2	Падіння через слизькі поверхні або предмети на підлозі	Середній: забої, переломи, струси; ймовірність – постійна
3	Підйом і переміщення важких вантажів вручну	Середній: розтягнення, грижі, травми спини; ймовірність – висока
4	Вплив пилу (борошно, цукор, какао, горіхи)	Низький–середній: подразнення дихальних шляхів, алергія; ймовірність – постійна
5	Ураження електричним струмом	Середній: опіки, зупинка серця; ймовірність – низька, але наслідки серйозні
2. Необхідні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)		
Вид ЗІЗ	Характеристика	
Спецодяг	Чистий, цілий (куртка, брюки/халат), відповідає санітарним нормам	
Спецвзуття	Закрите, неслизьке, з міцною підошвою (поліуретан або гума)	
Захист рук	Рукавички (бавовняні, нітрилові або інші залежно від типу роботи)	
Головний убір	Ковпак, косинка або шапочка, що повністю закриває волосся	
Захист дихання	Респіратор FFP1/FFP2 при пилоутворенні	
3. Безпечні методи і послідовність виконання робіт		
Категорія	Основні правила	
Робота з обладнанням	Перевірка справності, не торкатися рухомих частин, повідомляти про несправності, уважність	
Санітарія та гігієна	Регулярне миття рук, використання одноразових рукавичок при контакті з продуктами	
Переміщення вантажів	Оцінка ваги, згинати коліна при підйомі, використовувати допоміжне обладнання, не захаращувати проходи	
4. Дії у разі нещасного випадку або аварії		
Ситуація	Дії	
Травма або нездужання	Припинити роботу, повідомити майстра, звернутись до медпункту або відповідального за ПД	
Розлив рідин	Позначити місце, прибрати за допомогою поглинаючих матеріалів, у складних випадках – викликати прибирання	
Пожежна сигналізація/тривога	Зберігати спокій, вимкнути обладнання, евакуюватися згідно з планом, не користуватися ліфтами	
Майстер цеху – [Номер телефону] Відповідальний за охорону праці – [Номер телефону] <b>Аптечка:</b> біля входу в цех, на стіні зліва від дверей		

Рисунок 4.1 – Картка охорони праці

«Регулярний перегляд та оновлення карток охорони праці, виходячи з аналізу інцидентів та зміни технологічних процесів, стимулює безперервне покращення стану охорони праці» [52]. В кінцевому підсумку, чітке розуміння ризиків та алгоритмів дій для їхнього уникнення значно знижує ймовірність нещасних випадків та професійних захворювань, створюючи безпечніші умови праці.

Завдяки картці охорони праці кожен працівник на кондитерському підприємстві отримує інструмент для ефективної самозахисту та сприяє створенню загальної культури безпеки на виробництві.

Охорона праці на кондитерському підприємстві – це постійний, динамічний процес, що вимагає системного підходу, регулярного оновлення знань та адаптації до нових викликів. Тільки шляхом спільних зусиль роботодавців та працівників, у поєднанні з суворим дотриманням законодавства, можна забезпечити безпечне та продуктивне виробництво, гарантуючи збереження найціннішого – життя та здоров'я людей.

Висновки по розділу.

У розділі встановлено, що ефективна охорона праці на кондитерському підприємстві ґрунтується на комплексному аналізі ризиків, чіткій регламентації дій (зокрема через картки безпеки праці) та усвідомленій участі кожного працівника. Тільки за такого підходу можна забезпечити безпечне робоче середовище, що є не лише етичною вимогою, а й прямо впливає на продуктивність, якість продукції та сталий розвиток підприємства.

Одним із ключових інструментів у цьому процесі є картка безпеки праці. Вона виконує функцію систематизації та візуалізації інформації про небезпеки на конкретному робочому місці, забезпечуючи чітке розуміння ризиків та необхідних заходів контролю. Це не лише підвищує обізнаність та відповідальність працівників, а й слугує незамінною основою для проведення інструктажів. В умовах сучасних викликів, включаючи воєнний стан в Україні, її значення лише зростає, оскільки вона допомагає інтегрувати додаткові протоколи безпеки, пов'язані з надзвичайними ситуаціями.

## 5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Розрахунок кошторису витрат на дослідження

«До витрат, пов'язаних із виконанням дослідження, належать витрати на основні матеріали, електроенергію, заробітну плату, амортизацію обладнання та накладні витрати» [53].

Розрахунок витрат на основні матеріали, використані під час дослідження, здійснюється за формулою (5.1):

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (5.1)$$

де  $m_i$  – кількість витраченого  $i$ -го матеріалу;

$C_i$  – ціна одиниці  $i$ -го матеріалу, грн.

Розрахунок необхідної кількості матеріалів і їх вартість приводяться в табл.5.1.

Таблиця 5.1 – Необхідна кількість матеріалів та їх вартість

Найменування матеріалу, одиниці	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Цукор пісок, кг	10	32,90	329,00
Патока, кг	1	50,00	50,00
Пюре яблучне, кг	5	155,00	775,00
Пектин яблучний, кг	0,3	950,00	285,00
Кислота молочна, кг	0,1	380,00	38,00
Лактат натрію, кг	0,1	139,00	13,90
Яечний білок, кг	3,0	130,00	390,00
Цукрова пудра, кг	0,5	90,00	45,00
Фруктоза, кг	2	80,40	160,80
Какао порошок, кг	0,1	550,00	55,00
Всього			2141,70

«Оплата праці працівників, залучених до проведення дослідження, визначається шляхом множення середньої погодинної заробітної плати на фактичну кількість відпрацьованих годин» [53]. Розрахункові дані наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньо-місячний заробіток, грн	Середньо-годинний заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	8000	50,00	20	1000
Всього				1000

Нарахування на заробітну плату становлять 22 % єдиного соціального внеску. Відповідно, їх розмір обчислюється як 22 % від загальної суми нарахованої заробітної плати та дорівнює:

$$H = \frac{1000 \cdot 22}{100} = 220,00 \text{ грн.}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначаються по формулі (5.2):

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

де  $M$  – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

$K$  – коефіцієнт використання потужності, ( $K=0,9$ );

$T$  – час роботи на обладнанні, год;

$a$  – тариф за електроенергію (за 1 кВт), грн/(кВт/год.).

$$E_{\text{змін.уст.}} = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 10 \cdot 4,32 = 85,54 \text{ грн;}$$

$$E_{\text{збів.уст.}} = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 45 \cdot 4,32 = 384,91 \text{ грн;}$$

$$E_{\text{структ.}} = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 42 \cdot 4,32 = 130,64 \text{ грн};$$

$$E_{\text{ваг}} = 0,8 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 4,32 = 41,47 \text{ грн.}$$

Отже, загальні витрати електроенергії становитимуть:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{змін.уст.}} + E_{\text{збів.уст.}} + E_{\text{структ.}} + E_{\text{ваг}} = 85,54 + 384,91 + 130,64 + 41,47 = 642,56 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію обладнання, задіяного під час проведення досліджень, розраховують за такою формулою:

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

де  $A$  – амортизаційні відрахування, грн.

$\Phi$  – вартість обладнання, грн.;

$H$  – річна норма амортизації, %;

$t$  – тривалість проведення дослідження на даному обладнанні, (місяців, днів);

365 – кількість днів у році.

$$A_{\text{змін.уст.}} = \frac{25000 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 13,69 \text{ грн};$$

$$A_{\text{збів.уст.}} = \frac{30000 \cdot 20 \cdot 3}{100 \cdot 365} = 49,31 \text{ грн};$$

$$A_{\text{структ.}} = \frac{18000 \cdot 20 \cdot 3}{100 \cdot 365} = 29,59 \text{ грн};$$

$$A_{\text{ваг}} = \frac{5200 \cdot 12,5 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 1,78 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведено в табл.5.3.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Час роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Зміщувальна установка	25000,00	20	1	13,69
Збивальна установка	30000,00	20	3	49,31
Структурометр	18000,00	20	3	29,59
Ваги лабораторні	5200,00	12,5	1	1,78
Всього				94,37

«До накладних витрат належать витрати на опалення, освітлення, вентиляцію, діяльності навчально-допоміжного та адміністративно-управлінського персоналу, а також інші господарсько-експлуатаційні витрати» [53].

Розмір накладних витрат визначається як 80 % від суми нарахованої заробітної плати учасників дослідження.

$$NB = \frac{1000 \cdot 80}{100} = 800,00 \text{ грн.}$$

Результати розрахунку всіх витрат на проведення досліджень, пов'язаних з виконанням кваліфікаційної роботи зводимо в табл.5.4.

Таблиця 5.4 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн
Основні матеріали	2141,70
Заробітна плата	1000,00
Нарахування на заробітну плату	220,00
Електроенергія	642,56
Амортизація	94,37
Накладні витрати	800,00
Всього	4898,63

З таблиці 5.4 видно, що найбільшу частку витрат під час проведення дослідження технології виробництва зефіру на фруктозі становлять витрати на основні матеріали, які складають 44% від загальної суми. Найменші витрати – 1,9% від загальної суми, були пов'язані з амортизацією використаного обладнання.

## 5.2 Розрахунок ціни дослідження

«Науково-дослідна робота відноситься до фундаментальних досліджень, тому ціна визначається на основі витрат на дослідження та рентабельності, згідно формули (5.4)» [53]:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (5.4)$$

де  $Ц$  – ціна дослідження, грн.;

$C$  – витрати на дослідження, грн.;

$P$  – нормативна рентабельність ( $P = 30\%$ ).

$$Ц = 4898,63 + \frac{30 \cdot 4898,63}{100} = 6368,22 \text{ грн.}$$

Отже, вартість проведеного дослідження становить 6368,22 грн.

Висновки по розділу.

Відповідно до плану проведення дослідження було розраховано основні витрати на проведення дослідження та ціну дослідження. Найбільшу частку витрат під час проведення дослідження технології виробництва зефіру на фруктозі становлять витрати на основні матеріали, які складають 44% від загальної суми. Найменші витрати – 1,9% від загальної суми, були пов'язані з амортизацією використаного обладнання. Загалом, з урахуванням 30% нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 6368,22 грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Особливий потенціал для створення таких продуктів мають пастильні вироби, зокрема зефір, завдяки значному вмісту пектину. Однак, суттєвим недоліком зефіру, як і більшості кондитерських виробів, є наявність цукру в складі.

Застосування фруктози у виробництві кондитерських виробів також має свої обмеження через її специфічні властивості: вона є редукуючим цукром, має високу гігроскопічність і повільно кристалізується з перенасичених розчинів.

У результаті дослідження процесу студнеутворення пектинового розчину на основі фруктози встановлено, що присутність яблучного пюре у пектиновій системі знижує кислотність, необхідну для коагуляції пектинових молекул і досягнення максимальної пластичної міцності структурного каркасу. Водночас при використанні фруктози без яблучного пюре кислотність для ефективного структуроутворення дещо зростає, що пояснюється відсутністю природних кислот яблучного пюре.

Встановлено, що фруктоза впливає на технологічні властивості зефірної маси: прискорює утворення піни, але знижує її стійкість, сповільнює процес студнеутворення та зменшує міцність сформованої структури. Також фруктоза підвищує гігроскопічність готового продукту і уповільнює процес кристалізації, що може ускладнювати умови формування та сушіння зефіру. Це вимагає адаптації технологічних параметрів і виключення з рецептури яблучного пюре.

Для усунення ефекту комкування пектину, яке спостерігається при введенні порошкоподібного пектину до яблучного пюре, було застосовано розчинення пектину у воді з додаванням фруктози. Такий підхід забезпечив швидше й ефективніше розчинення пектину, зменшив в'язкість суміші й дав змогу підвищити вміст сухих речовин у збиваній масі. Це дозволило сформувавши більш щільну й стабільну зефірну масу без погіршення її структурних характеристик.

Концентрування фруктозного сиропу до 90–92 % сухих речовин стало можливим завдяки його нижчій в'язкості у порівнянні з традиційним цукрово-патоковим сиропом, обмеженим 85 %. Це дало змогу збільшити вміст сухих

речовин у зефірній масі до 73–75 %, що сприяло утриманню форми під час вистоювання без зміни її режиму, зберігаючи при цьому високі показники пластичної міцності.

Під час зберігання зефіру на сахарозі спостерігається більш інтенсивне зниження вологості у перші 30 діб, після чого вологість стабілізується на рівні 5 %. Для зефіру на фруктозі зниження вологості є менш значним і залишається на рівні близько 19–20 %. Така відмінність зумовлена більшою гігроскопічністю сахарози, що вимагає використання герметичного пакування при зберіганні.

У зефірі на фруктозі збільшено вміст пектину як функціонального інгредієнта. Споживання 100 г такого зефіру забезпечує до 52 % добової потреби в пектині. Крім того, з урахуванням обмеження для хворих на цукровий діабет, допустиме добове споживання фруктози (30 г) відповідає приблизно 38,5 г зефіру – або двом половинкам виробу. Таким чином, зефір на фруктозі має перспективи як продукт функціонального призначення за умови дотримання раціонального споживання.

В роботі встановлено, що ефективна охорона праці на кондитерському підприємстві ґрунтується на комплексному аналізі ризиків, чіткій регламентації дій (зокрема через картки безпеки праці) та усвідомленій участі кожного працівника. Картка охорони праці не лише підвищує обізнаність та відповідальність працівників, а й слугує незамінною основою для проведення інструктажів.

Загалом, з урахуванням 30% нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 6368,22 грн.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Кучерук З. І., Шматченко Н. В. Технологія кондитерських виробів: навчальний посібник для самостійного вивчення курсу. Х. :ХДУХТ, 2020. 179 с.
2. Дорохович А. М. Технологія карамелі: навч. посіб. К. : ІНКОС, 2011. 192 с.
3. Чигвінцева О.П., Токар А.В. Ч 58 Харчова хімія: Навчальний посібник. Дніпропетровськ: ТОВ "Принтхаус Римм", 2014. 256 с.
4. Стрельцова О. О. Колоїдна хімія: навч.-метод. посіб. для студентів спец. 226 «Фармація, промислова фармація» / О. О. Стрельцова, А. Ф. Тимчук, К. М. Менчук . Одеса: Одес. нац. ун-т імені І. І. Мечникова, 2021. 128 с.
5. Сирохман І. В., Лебединець В.Т. Асортимент і якість кондитерських виробів : навч. посібник. К.: Центр навчальної літ-ри, 2009. 636 с.
6. Кузнецова, Т. О. Харчова хімія. Лабораторний практикум. Частина 1: навчальний посібник / Т. О. Кузнецова, І. М. Гурікова. Х. : ХДУХТ, 2010. 150 с.
7. Дорохович А. М., Ковбаса В.М. Технологія та лабораторний практикум кондитерських виробів і харчових концентратів : навч. посібник. К. : ІНКОС, 2015. 632 с.
8. Ніжніченко Н.М., Магда В.І. Колоїдна хімія: Навчальний посібник. Полтава, 2007. 219 с.
9. Технологія кондитерського виробництва. Практикум : навч. посібник / К. Г. Іоргачова, О. В.Макаренко, Л. В.Гордієнко, Г. В. Коркач; за заг. ред. К. Г. Іоргачової. Одеса : ОНАХТ, 2011. 208 с.
10. Харчова хімія: методичні вказівки для виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.051701 "Харчові технології та інженерія" піднапрям "Харчова інженерія"; уклад.: В. В. Євлаш, Г. О. Пестіна, Н. О. Отрошко, А. Б. Горальчук; Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2011. 44 с.
11. Колоїдна хімія : підручник / Л. С. Воловик, , Є. І. Ковалевська, , В. В. Манк [та ін.] ; за ред. В. В. Манка ; НУХТ. - К. : НУХТ, 2011. - 247 с.

12. Самохвалова О. В. Технологія борошняних кондитерських : навч. посібник / за заг. ред. О. В. Самохвалової. Х. : ФОП Бровін О.В., 2017. 572 с.
13. Харчові технології. Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчо концентратів : навч. посібник / О. В. Самохвалова, З. І. Кучерук, С. Г. Олійник та ін.; за ред. О. В. Самохвалової. Х. : ФОП Бровін О.В., 2019. 284 с.
14. Інноваційні технології хлібобулочних і кондитерських виробів : колективна монографія / О. В. Самохвалова та ін. Х. : ТО Ексклюзив, 2015. 463 с.
15. Ростовський В. С. Технологія виробництва борошняних кондитерських виробів. Абетка кондитерського мистецтва : навч. посібник / В. С. Ростовський, О. М. Кукуєва. К. : Кондор-Видавництво, 2016. 497 с.
16. Дорохович А. М. Технологія шоколаду: навч. посібник. К. : НУХТ, 2014. 367 с.
17. Робочий зошит до проведення лабораторного практикуму з дисципліни «Технологія галузі», розділ «Технологія кондитерських виробів». Харків : ХДУХТ, 2019. 74 с.
18. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологія галузі» / Самохвалова О. В., Гревцева Н. В. та ін. Харків : вид-во ХДУХТ, 2019. 25 с.
19. Дорохович, В. В. Наукове обґрунтування і розроблення технологій борошняних кондитерських виробів спеціального дієтичного споживання: автореф. дис... канд. техн. наук : 05.18.16 / Дорохович, В. В. Київ, 2010. 39 с.
20. Підсолоджувальні речовини у харчуванні людини / М.І. Пересічний, М.Ф. Кравченко, П.О. Карпенко, В.В. Карпачов . Київ: КНТЕУ 2004. 446с.
21. Українець А.І. Технологія оздоровчих харчових продуктів / А.І. Українець, Г.О. Сімахіна. К.: НУХТ, 2009. 310 с.
22. Дорохович В.В. Розроблення технологій борошняних кондитерських виробів спеціального призначення. Харчова наука і технологія. 2010. № 1. С. 82–85.
23. Valdes I. New generation of sandwich ELISA for gluten determination: Innovative approach to low-level gluten determination in foods using a novel enzyme-

linked immunosorbent assay protocol I. Valdes et al. // European Journal of Gastroenterology&Hepatology. 2003. № 15(5): 465-473.

24. Полумбрик, М. О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини. К. : Академперіодика, 2011. 487 с

25. Сирохман І.В. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення: навч. пос. [для студ. вищ. навч. закл.] / І.В. Сирохман, В.М. Завгородня. К.: Центр учбової літератури, 2009. 544 с.

26. Дорохович В.В. Солодкі речовини – цукрозамінники: обґрунтування доцільності використання їх при виробництві борошняних кондитерських виробів / В.В. Дорохович, М.П. Гуліч // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К.: Полімед, 2007. Вип. 50. С. 273–279.

27. Carbohydrates in human nutrition. Division: Nutrition Division. (FAO Food and Nutrition Paper - 66). Table of Contents. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation Rome, 14-18 April 1997.

28. Банова, С. І. Удосконалення технології збивних кондитерських виробів: автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.01 "Технологія хлібопекарських продуктів та харчових концентратів" / Банова Софія Іванівна ; наук. кер. К. Г. Іоргачова ; Одес. нац. акад. харч. технологій. Одеса : ОНАХТ, 2003. 20 с.

29. Livesey G. Tolerance of low-digestible carbohydrates: A general view. Br J Nutr. 2001;85(suppl 1):S7-S16

30. Дорохович, А. М. Цукри, цукрозамінники, підсолоджувачі та їх використання при виробництві кондитерських виробів / А. М. Дорохович // Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. К. : НУХТ, 2017. С. 103-110.

31. Прилуцька, Л. П. Удосконалення технології білково-збивного печива на основі цукрозамінників : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 "Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів" / Прилуцька Ліна Петрівна ; НУХТ. К., 2010. 20 с.

32. Carbohydrate Chemistry and Biochemistry. Structure and Mechanism. M. L. Sinnott. 2007. Cambridge.: RSC Publishing. 705 p.

33. Соловйова, О. Л. Удосконалення технології желейного мармеладу спеціального споживання : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 "– Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів" / Соловйова Оксана Леонідівна ; НУХТ. К., 2011. 20 с.

34. Прісс О.П., Жукова В.Ф. Розробка технології та оцінка якості зефіру підвищеної харчової цінності. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. – Вип. 20. Т.2. 2020. С. 220-230.

35. Дюкарева Г. І. Перспективи використання стевії в кондитерській промисловості як піноутворювача та стабілізатора / Г. І. Дюкарева, О. О. Соколовська // Пр. Таврійського держ. агротехнологічного ун-ту : зб. наук. пр. Мелітополь : ТДАТУ, 2014. Вип. 1, Т. 1. С. 103-108.

36. Бойко М. В., Грабовська О. В. Стевія: перспективи використання у продуктах харчування та напоях //Готельно-ресторанний та туристичний бізнес: реалії та перспективи. С. 275-276.

37. Zarembo Y., Smaliukh O., Zarembo O. Ефективність застосування гепатопротекторів у практиці сімейного лікаря //Family medicine. 2021. №. 1. С. 67-71.

38. Ваврисевич Я.С. Цукри. Цукрозамінники. Підсолоджувачі: Навчальний посібник для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» / Я.С. Ваврисевич, Г.М. Коваль, О.Р. Михайлицька, У.Р. Драчук. Львів. 2021. 185 с.

39. Дорохович, В. В. Доцільність використання цукрозамінників при виробництві борошняних кондитерських виробів / В. В. Дорохович, В. Н. Ковбаса // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2006. – Вип. 29, Т. 2. – С. 176-181.

40. Rumessen J. J. Fructose and related food carbohydrates: sources, intake, absorption, and clinical implications //Scandinavian journal of gastroenterology. – 1992. – Т. 27. – №. 10. – С. 819-828.

41. Дорохович А. М., Петренко М. М. Розробка технології зтяжного печива спеціального призначення з врахуванням вимог нутриціології для людей похилого віку //Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. Технічні науки. 2016. №. 24 (2). С. 90-99.

42. Park Y. K., Yetley E. A. Intakes and food sources of fructose in the United States //The American journal of clinical nutrition. 1993. Т. 58. №. 5. С. 737S-747S.

43. Дорохович, А. М. Мафіни з начинкою дієтично-функціонального призначення / А. М. Дорохович, О. В. Горзей // Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – К. : НУХТ, 2017. С. 163-166.

44. Hanover L. M., White J. S. Manufacturing, composition, and applications of fructose //The American journal of clinical nutrition. 1993. Т. 58. №. 5. С. 724S-732S.

45. Дорохович А.М. Використання дисахариду фруктози під час виробництва мафінів із начинкою дієтичного призначення / А.М. Дорохович, О.В. Горзей, А.В. Мурзін // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харків: ХДУХТ, 2016.- Вип.2(24). С. 19-27.

46. Choo V. L. et al. Food sources of fructose-containing sugars and glycaemic control: systematic review and meta-analysis of controlled intervention studies //bmj. – 2018. Т. 363.

47. Бачинська Я. Використання нетрадиційної сировини при виробництві борошняних кондитерських виробів як прогресивний напрямок створення продуктів підвищеної біологічної цінності (2017). International Electronic Scientific Journal., 3(2), 71-80. <https://doi.org/10.22178/pos.19-11>

48. Liu Q. et al. Fructose-containing food sources and blood pressure: A systematic review and meta-analysis of controlled feeding trials //PLoS One. 2023. Т. 18. №. 8. С. 264-282.

49. Ростовський В. С., Новікова О. В. Технологія виробництва борошняних кондитерських виробів: навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2009. 547 с.

50. Stanhope K. L., Havel P. J. Fructose consumption: recent results and their potential implications //Annals of the New York Academy of Sciences. 2010. Т. 1190. №. 1. С. 15-24.

51. Дробот, В. І. Фруктоза та лактулоза – перспективні цукрозамінники у хлібопекарському виробництві / В. І. Дробот, Ю. В. Бондаренко, Н. О. Місечко // Наука – від теорії до практики : зб. наук. пр. Сопот: «Diamond trading tour», 2013. С. 47-54.

52. Курепін В.М., Марченко Д.Д., Курепін Д.В. Охорона праці в галузі: навчальний посібник для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти. Миколаїв: МНАУ, 2023. 586 с.

53. Павленко О.С. Методичні рекомендації до виконання розділу «Організаційно-економічна частина» дипломної роботи для здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Харчові технології» зі спеціальності 181 «Харчові технології» денної та заочної форми навчання. Дніпро: ДДАЕУ. 2020. 40 с.

