

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет харчових технологій та управління якістю продукції АПК

УДК 664.661::664.162.72:001.891

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету харчових технологій
та управління якістю продукції АПК

_____ Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

« ____ » _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

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

_____ Наталія ГОЛЕМБОВСЬКА

« ____ » _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Обґрунтування доцільності використання фруктози для надання
хлібобулочним виробам оздоровчих властивостей»

Спеціальність 181 «Харчові технології»

Освітня програма «Нутріціологія»

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова

Гарант освітньої програми

к.т.н., доцент

_____ Людмила ТИЩЕНКО

Керівник магістерської роботи

д.т.н., професор

_____ Оксана НАУМЕНКО

Виконав

_____ Артем ЩЕРБАК

КИЇВ – 2025

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

« _____ » _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ**

Щербаку Артему Олександровичу

Спеціальність **181«Харчові технології»**

Освітньо-професійна програма «**Нутріціологія**»

Орієнтація освітньої програми **освітньо-наукова**

Тема магістерської роботи «**Обґрунтування доцільності використання фруктози для надання хлібобулочним виробам оздоровчих властивостей**», затверджена наказом ректора НУБіП України від «17 січня» 2024 р. № 52 «С»

Термін здачі студентом завершеної роботи на кафедру – 10.06.2025 р.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

дані спеціальної літератури; нормативно-технічні документи; довідники; монографії; періодичні видання; власні дослідження та спостереження. Економічно-статистична інформація щодо розрахунків економічної ефективності виробництва хлібобулочних виробів.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

поживна та харчова цінність фруктози, як функціонального інгредієнту; дослідження технологічного процесу виготовлення та визначення виходу булочних виробів; проведення оцінки органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників булочних виробів; висновки.

Перелік ілюстрованого матеріалу (таблиці, схеми, графіки тощо):

таблиці, рисунки, графіки

Дата видачі завдання «14» квітня 2024 р.

Керівник магістерської роботи _____ Оксана НАУМЕНКО
Завдання прийняв до виконання _____ Артем ЩЕРБАК

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі розглянуто перспективи використання фруктози як функціонального інгредієнта у технології виготовлення хлібобулочних виробів із покращеними оздоровчими характеристиками.

Метою дослідження стало визначення технологічної доцільності заміни цукру білого кристалічного на фруктозу для зниження глікемічного індексу готової продукції, а також покращення її споживчих властивостей.

У ході наукової роботи проведено дослідження впливу фруктози на структурно-механічні властивості тіста, формування показників якості напівфабрикатів і готових виробів.

Окрема увага приділена порівнянню різних способів приготування тіста – зокрема, безопарного, опарного та на основі диспергованої фази – з метою вибору оптимальної технології для булочних виробів з фруктозою.

Проведені розрахунки свідчать про зменшення глікемічного індексу булочних виробів за умови використання фруктози, що підтверджує ефективність такого підходу для споживачів, які дотримуються дієтичного раціону, зокрема хворих на цукровий діабет.

Результатом дослідження стало створення нових рецептур оздоровчої продукції – булочки «З фруктозою» масою 0,2 кг, хліба «Запашного» (0,8 кг), батона «Київського» (0,4 кг) та булочки «Шкільної» (0,05 кг).

Розроблено технологічні схеми виробництва даних виробів із застосуванням сучасного хлібопекарського обладнання.

Зокрема, рекомендовано використовувати рідку закваску для хліба «Запашного», безопарний спосіб – для батонів і булочки з фруктозою, а спосіб на диспергованій фазі – для булочок «Шкільних».

Виробничий процес передбачає застосування обладнання фірм Revent (випічка), Diosna (замішування тіста) та Kumkaya (формування заготовок), що забезпечує високу якість та енергоефективність.

Результати роботи можуть бути впроваджені у виробничу практику пекарень, які орієнтуються на виготовлення хлібобулочної продукції для споживачів, що потребують спеціального дієтичного харчування.

Ключові слова: ФРУКТОЗА, ХЛІБОБУЛОЧНІ ВИРОБИ, ОЗДОРОВЧЕ ХАРЧУВАННЯ, ГЛІКЕМІЧНИЙ ІНДЕКС, ТЕХНОЛОГІЯ ТІСТА, REVENT, DIOSNA, KUMKAYA.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	10
1.1. Актуальність теми	10
1.2. Фізіологічно-гігієнічне значення вуглеводів у харчуванні людини	12
1.3. Цукровий діабет та причини його виникнення	15
1.4. Шляхи зниження глікемічності харчових продуктів	17
1.5. Фруктоза як джерело вуглеводів для зниження глікемічності харчових продуктів	19
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	22
2.1. Характеристика сировини	22
2.2. Методи дослідження	22
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	27
3.1. Вплив фруктози на технологічний процес і якість виробів.....	27
3.2. Дослідження впливу фруктози на якість напівфабрикатів.....	28
3.3. Дослідження впливу фруктози на якість готових виробів	32
РОЗДІЛ 4. ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ.....	36
4.1. Дослідження впливу способу приготування тіста на якість булочних виробів.....	36
РОЗДІЛ 5. ТЕХНОХІМІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	44
5.1. Технохімічний контроль виробництва	44
5.2. Метрологічне забезпечення	47
РОЗДІЛ 6. СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ	50
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	57

ВСТУП

Хліб вважається одним із найдавніших продуктів, що почала виготовляти людська цивілізація. Й донині він залишається одним із найпопулярніших і найбільш вживаних харчових продуктів у світі. Саме тому у багатьох країнах виробництву хліба приділяють значну увагу: впроваджуються нові технології, проводяться наукові дослідження, залучаються фахівці з різних галузей науки.

В Україні держава також активно підтримує розвиток хлібопекарської промисловості, сприяючи забезпеченню населення якісною продукцією, яка відповідає харчовим потребам різних соціальних груп.

У середньому українці споживають велику кількість хлібобулочних виробів. Це пояснюється не лише їх доступністю й поживністю, а й тим, що такі вироби містять важливі для організму людини компоненти — вітаміни, мінерали, білки та амінокислоти.

Завдяки впровадженню інновацій, наукових розробок та технологічного вдосконалення, стало можливим значно урізноманітнити асортимент хлібобулочної продукції. Таке розширення стало результатом використання нових сортів борошна, створення оригінальних рецептур, варіювання форм та функціональних властивостей виробів.

У зв'язку з популяризацією здорового способу життя, який тісно пов'язаний із раціональним харчуванням, зросла потреба у продукції з оздоровчим ефектом. Сучасні пекарі й технологи уважно стежать за змінами у споживчих уподобаннях та реагують на них створенням нових рецептур.

Зокрема, до складу хлібобулочних виробів почали вводити злаки, сухофрукти, горіхи та інші функціональні компоненти, що дозволило збагачувати продукцію клітковиною, білками, вітамінами та мікроелементами. Важливим чинником, що сприяє розширенню асортименту хлібобулочної продукції, є сучасне технічне забезпечення виробничих потужностей. Інтеграція інноваційного обладнання та прогресивних технологічних рішень у виробничі процеси суттєво розширює можливості підприємств у створенні нових видів продукції. Особливої популярності набуло впровадження новітніх

технологій у міні-пекарнях, зокрема виробництво заморожених напівфабрикатів. Такий підхід дозволяє не лише зберегти якість продукції, а й забезпечити її доставку до найвіддаленіших регіонів країни без втрат у споживчих властивостях.

Окрім органолептичних характеристик, значну увагу виробники почали приділяти гігієнічності упаковки та безпечності умов зберігання продукції. Ці питання особливо актуалізувалися останніми роками у зв'язку з глобальним поширенням вірусних інфекцій та пандеміями. У відповідь на зростання обізнаності споживачів щодо санітарних аспектів, зростає популярність фасованих та попередньо нарізаних виробів, які гарантують додатковий рівень безпеки при споживанні.

Крім того, на рівень виробництва і реалізації хлібобулочної продукції істотно впливає цінова політика. Через відмінності у платоспроможності різних соціальних груп, виробникам слід орієнтуватися на розробку продуктів, що будуть фінансово доступними для широкого кола споживачів. Планування асортименту з урахуванням економічної ситуації в країні сприяє стабілізації попиту та розвитку хлібопекарського сектору. Державна політика не залишається осторонь процесів, що відбуваються у хлібопекарській галузі, активно підтримуючи її розвиток шляхом створення сприятливого нормативно-правового середовища. Починаючи з періоду здобуття незалежності, в Україні, поряд із підприємствами, що дісталися у спадок від радянської епохи, активно виникали нові малі та середні виробництва. Формування значної кількості різних суб'єктів господарювання дало імпульс розвитку конкурентного середовища у галузі, що, у свою чергу, стимулювало підвищення якості продукції та розширення її асортименту.

Позитивні зміни, спричинені конкуренцією, дозволили вітчизняним виробникам не лише утримати позиції на внутрішньому ринку, а й сформувавши потенціал для успішної конкуренції із закордонними компаніями. Борючись за увагу споживача — як українського, так і іноземного — виробники змушені

постійно вдосконалювати свої вироби, удосконалювати технології та адаптувати асортимент до змін у харчових пріоритетах населення.

Окрема увага з боку підприємств приділяється категорії споживачів із особливими дієтичними потребами. Це стимулює появу на ринку виробів лікувально-профілактичного та дієтичного призначення. Сьогодні хлібобулочна галузь України дедалі активніше спрямовує свої зусилля на створення продукції, що відповідає вимогам раціонального і функціонального харчування, розширюючи тим самим спектр споживчих можливостей для різних соціальних груп. Розвиток хлібопекарської галузі в Україні супроводжується як позитивними зрушеннями, так і низкою стримуючих чинників. Серед основних негативних тенденцій слід виокремити недостатню фінансову підтримку більшості виробничих підприємств. Обмежене фінансування призводить до уповільнення темпів модернізації окремих виробництв та стримує інноваційний розвиток усієї галузі. Дефіцит інвестицій негативно позначається на оновленні застарілих основних фондів, що знижує конкурентоспроможність продукції на ринку.

Окрім суто виробничих труднощів, на ефективність функціонування хлібопекарських підприємств значний вплив чинять зовнішні макроекономічні чинники. Одним із найбільш вагомих стримувальних факторів є загальна нестабільність економіки держави. Умови економічної турбулентності створюють невизначеність для підприємств, що унеможлиблює стратегічне планування, стримує інвестиційну активність та змушує орієнтуватися переважно на короткострокові управлінські рішення.

Постійні коливання національної валюти також мають негативні наслідки для галузі. Враховуючи, що значна частина технологічного обладнання, сировинних компонентів або допоміжних матеріалів імпортується, валютні коливання призводять до здорожчання імпортової складової виробництва, що в свою чергу збільшує собівартість продукції. Це змушує підприємства або зменшувати прибутковість, або підвищувати кінцеву ціну, що часто є критичним у висококонкурентному середовищі.

Важливим дестабілізуючим фактором є дисбаланс на внутрішньому ринку сировини. Через нестійке аграрне виробництво, вплив кліматичних умов, логістичні проблеми та спекулятивні процеси на ринку, ціни на основні види сировини — борошно, цукор, дріжджі — часто змінюються. Це ускладнює підтримку стабільного рівня виробничих витрат та знижує прогнозованість постачання.

Підвищення вартості енергоносіїв (газу, електроенергії, водопостачання) суттєво впливає на собівартість хлібобулочних виробів, оскільки більшість технологічних процесів у хлібопеченні є енергоємними: від замішування тіста до термічної обробки та охолодження продукції. В умовах подорожчання енергоресурсів підприємства змушені оптимізувати технологічні режими, знижувати обсяги виробництва або переходити на дешевші, інколи менш якісні, джерела енергії, що може негативно позначитися на якості продукції.

Окрім того, загальний рівень економічного розвитку країни та купівельна спроможність населення формують обмежений внутрішній попит, особливо на вироби з підвищеною доданою вартістю — функціональні, оздоровчі або дієтичні хлібобулочні вироби. Це стримує інноваційний розвиток галузі, знижує зацікавленість інвесторів у впровадженні сучасних технологій, автоматизації та цифровізації виробництва.

У сукупності всі ці фактори створюють складне конкурентне середовище для хлібопекарських підприємств, зменшують їхню адаптивність до ринкових змін і потребують від керівництва гнучкого, проактивного підходу до управління. Для забезпечення стійкого розвитку підприємствам необхідно вживати заходів щодо енергозбереження, диверсифікації постачальників, автоматизації обліку витрат, розробки гнучких рецептур, а також розширення асортименту за рахунок продукції з підвищеною цінністю при мінімальних витратах.

Ключовою сировиною для галузі є борошно, і саме його якість має визначальний вплив на споживчі властивості готової продукції. Тому стабільне забезпечення пекарень якісним борошном є критично важливим, адже

використання сировини, що не відповідає стандартам, провокує технологічні труднощі та погіршує якість кінцевих виробів.

З метою подолання системних викликів і посилення позицій галузі, представники хлібопекарської індустрії ініціювали створення професійних об'єднань. Так виникли організації «Укрхлібпром» та Всеукраїнська асоціація пекарів. Основним завданням цих структур стало консолідування зусиль підприємств для спільного вирішення актуальних проблем, розроблення стратегічних дій і координація економічної діяльності.

Створення таких об'єднань дозволило налагодити обмін досвідом, технічною та організаційною підтримкою, що сприяє підвищенню ефективності виробництва, розширенню внутрішнього ринку та збільшенню експортного потенціалу продукції хлібопекарської галузі.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Актуальність теми

Негативні зміни в екологічній ситуації, а також порушення режиму харчування значною мірою сприяють поширенню хронічних неінфекційних захворювань, серед яких особливе місце займають серцево-судинні патології, онкологічні процеси, цукровий діабет, ожиріння та інші порушення метаболічного характеру.

На сьогодні цукровий діабет вважається найбільш розповсюдженим ендокринним захворюванням у світі. За статистичними даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, на діабет страждає приблизно 6,5 % населення планети, причому кількість хворих подвоюється кожні 10–15 років. Більше 1 мільярда людей мають надлишкову масу тіла, з них близько 300 мільйонів страждають на ожиріння. В Україні зареєстровано близько 3 мільйонів осіб з діагнозом «цукровий діабет», однак реальна кількість хворих, імовірно, значно вища.

У зв'язку з цим стратегічним напрямом у сфері харчових технологій має стати розробка та виробництво харчових продуктів із профілактичною та дієтичною спрямованістю, що сприятимуть збереженню та покращенню здоров'я населення.

Хліб залишається одним із основних продуктів у раціоні українців, забезпечуючи понад 30 % добової потреби організму в калоріях. Водночас більшість традиційних хлібобулочних виробів, виготовлених з білого пшеничного борошна, характеризуються високим глікемічним індексом, що обмежує їх споживання людьми з порушенням вуглеводного обміну, зокрема хворими на цукровий діабет або ожиріння. Вітчизняний ринок поки що має обмежений вибір хлібобулочної продукції, призначеної для таких категорій споживачів.

Значний внесок у формування наукових засад створення продуктів оздоровчого та функціонального призначення зробили такі науковці, як В.І. Дробот, А.М. Дорохович, В.Ф. Доценко, К.Г. Іоргачева, Л.П. Пащенко, Л.І.

Карнаушенко, Л.Я. Ауерман, Р.Д. Поландова, Л.Ю. Арсеньева та інші. На основі сучасних досліджень визнано перспективним напрямом зниження вуглеводного навантаження на організм застосування цукрозамінників і підсолоджувачів.

Також ефективним є зменшення глікемічної відповіді продукту за рахунок включення до складу сировини з високим вмістом харчових волокон і білків, а також збагачення продукції ненасиченими жирними кислотами, макро- і мікроелементами, вітамінами.

Це дозволяє реалізовувати підходи до профілактики і підтримки здоров'я немедикаментозними методами.

В Україні як заміник цукру найчастіше використовують сорбіт, однак якість готових виробів з ним потребує удосконалення. У світовій хлібопекарській практиці існує позитивний досвід застосування моносахариду фруктози як альтернативного підсолоджувача.

Водночас у наукових джерелах ще недостатньо повно висвітлено вплив фруктози на структурно-механічні властивості тіста та готової продукції, а також її внесок у формування органолептичних і споживчих характеристик хлібобулочних виробів.

Отже, актуальним науковим завданням є комплексне дослідження впливу фруктози на якість хлібобулочних виробів, розробка рецептур із її використанням та формування розширеного асортименту продукції з пониженим глікемічним індексом для осіб із діабетом та іншими метаболічними порушеннями.

Метою даного дослідження стало розроблення та наукове обґрунтування технології виготовлення хлібобулочних виробів із використанням фруктози, що дозволяє знизити глікемічний індекс продукції та розширити асортимент виробів дієтичного призначення. Для досягнення цієї мети в ході роботи було проведено теоретичний аналіз ефективності заміни білого кристалічного цукру фруктозою у рецептурах хлібобулочних виробів, вивчено її вплив на технологічні процеси та кінцеві характеристики продукції.

Особливу увагу приділено дослідженню структурно-механічних властивостей тіста, приготованого з додаванням фруктози, а також оцінці органолептичних та споживчих показників готових виробів. Важливим аспектом дослідження стало визначення оптимальних способів приготування тіста за участю фруктози, з урахуванням її специфічних фізико-хімічних властивостей. На основі отриманих результатів було сформовано науково обґрунтовану технологічну схему виробництва хлібобулочних виробів з фруктозою, а також розроблено проєкт нормативної документації, необхідної для впровадження нового виду продукції у виробничу практику.

Об'єктом дослідження виступав технологічний процес виготовлення хлібобулочних виробів, а предметом – інгредієнтний склад (зокрема цукор і фруктоза), напівфабрикати, готова продукція, а також зміни, що відбуваються під час виробничого процесу. У дослідженні використовувалися як традиційні органолептичні й аналітичні методи, так і спеціалізовані експериментально-статистичні підходи з використанням сучасного програмного забезпечення для обробки результатів.

Наукова новизна роботи полягає у встановленні доцільності застосування фруктози як заміника білого цукру у виробництві хлібобулочних виробів з лікувально-профілактичними властивостями. Встановлено, що використання фруктози не лише знижує глікемічний індекс готової продукції, але й сприяє продовженню терміну збереження її свіжості. Отримані результати можуть бути використані для удосконалення асортименту виробів, що відповідають сучасним вимогам здорового харчування.

1.2. Фізіологічно-гігієнічне значення вуглеводів у харчуванні людини

Стан здоров'я людини значною мірою залежить від рівня енергетичного забезпечення організму, а також від надходження з їжею комплексу життєво необхідних (есенціальних) речовин. Харчовий раціон населення є одним із ключових чинників, що визначає загальний рівень здоров'я нації та збереження її генетичного потенціалу.

Раціонально побудоване, науково обґрунтоване харчування не лише задовольняє фізіологічні потреби організму, але й сприяє профілактиці різноманітних захворювань, продовженню активного періоду життя та підвищенню його якості. Одним з найважливіших компонентів харчування є вуглеводи — основне джерело енергії для людського організму.

Під час ферментативного розщеплення та окиснення вуглеводів вивільняється енергія, яка використовується клітинами, перш за все — для забезпечення м'язової діяльності. На частку вуглеводів припадає близько 60 % загальної калорійності добового раціону. У процесах енергетичного обміну провідну роль відіграють глюкоза та глікоген. При повному окисненні одного грама вуглеводів утворюється близько 17,2 кілоджоулів (або 4 кілокалорії) енергії. Зростання фізичного навантаження прямо пропорційно підвищує потребу організму у вуглеводах.

Крім енергетичної, вуглеводи виконують низку важливих функцій: вони входять до складу клітинних структур, підтримують нормальну роботу серця та печінки, а також є незамінними для функціонування головного мозку. Мозкова тканина споживає глюкозу приблизно вдвічі інтенсивніше, ніж м'язи, що сприяє підтриманню нервової діяльності, знижує ризик розвитку стресових станів і нервового виснаження. Недостатнє надходження солодких речовин може викликати зниження тонусу центральної нервової системи.

Упродовж життя людина в середньому споживає близько 14 тонн вуглеводів, з яких понад 2,5 тонни становлять прості вуглеводи. За даними В.І. Смоляра, 52–66 % усіх вуглеводів надходить із зерновими продуктами, 14–26 % — із цукровмісними продуктами та кондитерськими виробами, 8–10 % — з картоплею та коренеплодами, а ще 5–7 % — з овочами та фруктами.

Основними джерелами вуглеводів у раціоні є крохмаль, сахароза (цукор), а також лактоза. Середньодобова фізіологічна потреба у вуглеводах становить близько 400–500 грамів, з яких 350–400 г припадає на крохмаль, 50–100 г — на моно- та дисахариди, і близько 25 г — на харчові волокна.

Окрім енергетичної функції, вуглеводи відіграють і пластичну роль, беручи участь у побудові різних клітин і тканин організму, зокрема сполучної та кісткової тканини. Вони також мають регуляторний вплив на метаболічні процеси: перешкоджають накопиченню кетонових тіл під час окиснення жирів, запобігають виникненню ацидозу. Незасвоєвані вуглеводи активізують перистальтику кишечника, а моносахариди регулюють осмотичні процеси.

Деякі вуглеводи беруть участь у процесах детоксикації — зокрема виведенні шкідливих речовин із організму. Наприклад, глюкуронова кислота утворює з токсичними сполуками неактивні ефіри, які виводяться із сечею. Такі механізми мають важливе значення у захисті організму, особливо в умовах навантаження на печінку. Вуглеводи також забезпечують нормальне функціонування нервової системи, що підкреслює їхню незамінність у харчовому раціоні людини. У разі недостатнього надходження вуглеводів із їжею, організм змушений компенсувати дефіцит енергії шляхом посиленого розщеплення жирів з утворенням глюкози. Проте надмірне споживання вуглеводів також негативно впливає на обмін речовин: надлишкові кількості не можуть бути повністю використані, тому трансформуються в жирові депо. Зокрема, з кожних 100 г вуглеводів може синтезуватися до 30 г насичених жирів. При ще більшому дефіциті вуглеводів активізується розпад білків для енергетичних потреб, що порушує білковий баланс в організмі.

Як зазначає В.І. Смоляр, хоча вуглеводи і не належать до числа незамінних нутрієнтів, зниження їх споживання до рівня менше ніж 50–60 г на добу здатне викликати серйозні порушення обміну речовин і зниження імунологічного захисту організму.

До основних дисахаридів, що надходять з їжею, належать сахароза, яка є складовою білого кристалічного цукру (ЦБК), та лактоза. Саме ЦБК є найбільш поширеним підсолоджувачем у харчовій промисловості та звичайному раціоні людини. За останні півтора століття рівень його споживання стрімко зростав і нині коливається в межах 100–150 г на добу, що забезпечує до 15–20 % добової енергетичної потреби.

Однак систематичне вживання значних кількостей цукру викликає перенапруження ендокринної функції підшлункової залози, зокрема β -клітин, що призводить до порушення її функціональної активності й сприяє розвитку цукрового діабету.

За інформацією Всесвітньої організації охорони здоров'я, у країнах з високим рівнем смертності від серцево-судинних захворювань середнє добове споживання цукру становить 118 г, тоді як у країнах з низькою смертністю – лише 56 г. В Україні, за даними В.І. Смоляра, середній рівень споживання ЦБК наразі сягає 141 г на добу, що значно перевищує рекомендовані норми. Згідно з науковими рекомендаціями, безпечна добова норма цукру для дорослих становить близько 50 г, а для людей похилого віку – не більше 25–30 г.

Такий дисбаланс у споживанні ЦБК вимагає термінових змін у харчовій поведінці населення. Надлишкове надходження цукру в організм провокує порушення вуглеводного обміну, розвиток гіперглікемії, стимулює ріст бродильної мікрофлори в кишечнику, сприяє підвищенню рівня холестерину, формуванню жовчних каменів, появі карієсу та інших патологічних станів.

У зв'язку з цим актуальною є необхідність пошуку безпечних альтернатив цукру, зокрема природних підсолоджувачів, здатних зберігати привабливі смакові характеристики харчових продуктів при зниженому глікемічному навантаженні.

1.3. Цукровий діабет та причини його виникнення

Основною патогенетичною причиною розвитку цукрового діабету є порушення синтезу або функціонування гормону інсуліну, який продукується підшлунковою залозою.

Цей орган виробляє два ключові гормони – інсулін та глюкагон – які відіграють протилежні ролі у регуляції рівня глюкози в крові. Глюкагон активує розщеплення глікогену в печінці з утворенням глюкози, що надходить у кров, тоді як інсулін сприяє утилізації глюкози клітинами, каталізуючи її перетворення на глікоген і жири, чим знижує рівень цукру в крові. Дисбаланс у

співвідношенні цих гормонів – зокрема зниження синтезу інсуліну на тлі підвищеної продукції глюкагону – призводить до розвитку цукрового діабету.

У клінічній практиці виділяють два основні типи цього захворювання: інсулінозалежний (діабет 1 типу) та інсулінонезалежний (діабет 2 типу). Діабет 1 типу обумовлений повною або майже повною відсутністю секреції інсуліну, що зумовлює постійну гіперглікемію. При діабеті 2 типу вироблення інсуліну може бути на нормальному рівні або навіть підвищеним, проте клітини організму не здатні адекватно реагувати на нього через знижену чутливість інсулінових рецепторів.

Це так звана відносна недостатність інсуліну, яка з часом змушує підшлункову залозу працювати в посиленому режимі, що може призвести до її функціонального виснаження. Варто зазначити, що на частку діабету 2 типу припадає понад 80 % усіх випадків захворювання.

Одним із головних факторів, що сприяють розвитку діабету, є надлишкова маса тіла. Ожиріння визначається як перевищення маси тіла більш ніж на 20 % від фізіологічної норми. Причиною ожиріння часто стає надмірне споживання легко засвоюваних вуглеводів та жирів. Продукти з високим вмістом цукру або крохмалю стимулюють інтенсивну секрецію інсуліну, внаслідок чого вуглеводи швидко засвоюються та відкладаються у вигляді жиру.

У процесі цього жирові клітини можуть втрачати чутливість до інсуліну, що ще більше ускладнює регуляцію рівня глюкози в крові. Крім того, при значному збільшенні кількості клітин в організмі людини з надмірною вагою, підшлункова залоза не завжди спроможна забезпечити їх необхідною кількістю інсуліну, що спричиняє гіперглікемію.

Незалежно від типу цукрового діабету, основним методом його лікування та профілактики вважається дієтотерапія. Її ключовою метою є зниження рівня глюкози в крові до цільових значень (3,9–5,6 ммоль/л) та підтримання стабільного глікемічного профілю.

В основі антикліматичної дієти лежить принцип обмеження загального вмісту вуглеводів у раціоні, особливо виключення цукру білого кристалічного (ЦБК) та продуктів, що його містять.

Сучасні дієтичні рекомендації для людей з діабетом базуються на концепції глікемічного індексу (ГІ) – показника, який відображає швидкість підвищення рівня глюкози в крові після споживання певного продукту. ГІ розраховується як співвідношення концентрації глюкози в крові через 3–4 години після споживання 100 г продукту до аналогічного показника після вживання 100 г білого хліба. Чим вищий вміст легкозасвоюваних цукрів у продукті, тим вищим буде його ГІ; навпаки, наявність харчових волокон і клітковини знижує цей показник.

Науково доведено, що споживання продуктів з низьким глікемічним індексом зменшує ризик розвитку цукрового діабету та сприяє покращенню його контролю. Відомі значення ГІ для широкого спектру харчових продуктів, включаючи цукри та підсолоджувачі. Зокрема, згідно з таблицями ГІ: хліб житній має індекс 58 ± 6 , пшеничний – 73, цукор білий кристалічний – 65 ± 9 , глюкоза – 100, лактоза – 45, мальтоза – 105, фруктоза – 20 ± 5 , сорбіт – 9 ± 4 , ксиліт – 8 ± 1 , лактит – 2 ± 3 .

Ці дані активно використовуються при складанні дієтичних раціонів для хворих на цукровий діабет, дозволяючи формувати безпечний і ефективний режим харчування з урахуванням індивідуальних потреб пацієнтів.

1.4. Шляхи зниження глікемічності харчових продуктів

У ХХІ столітті відбулися суттєві трансформації в науковому підході до харчування, що зумовило потребу у формуванні нової галузі харчової промисловості — індустрії продуктів здорового харчування. Основним завданням цієї галузі є зміцнення здоров'я населення через створення, виробництво та популяризацію харчових продуктів нового покоління, які мають оздоровчу або лікувально-профілактичну дію.

Продукти, призначені для осіб із цукровим діабетом, ожирінням, серцево-судинними захворюваннями, мають сприяти підтриманню нормального рівня

глюкози та ліпідів у крові. Відповідно до рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я, харчування людей із цими патологіями має передбачати обмеження або повну відмову від цукру білого кристалічного (ЦБК) та жирів, надаючи перевагу продуктам із пониженою калорійністю та низьким глікемічним індексом.

Такий раціон має залишатися збалансованим за основними поживними речовинами, проте із суворим контролем над кількістю легкозасвоюваних вуглеводів. Для осіб із надмірною масою тіла добова калорійність їжі має бути на 20–30 % меншою, ніж у здорової людини. Добова норма білка при цьому не знижується й становить близько 1,5 г на 1 кг ідеальної маси тіла.

За діабетичного типу харчування вуглеводи мають покривати не більше 15–20 % калорійності раціону, тоді як на жири припадає 25–30 %, із них не менше половини — рослинного походження. Оптимальне співвідношення між вуглеводами і жирами має становити 3:1.

У наукових публікаціях наведено чимало напрацювань щодо створення кондитерських виробів функціонального спрямування для осіб із порушеннями вуглеводного обміну.

Натомість публікацій, присвячених технології хлібобулочних виробів зі зниженою глікемічністю та калорійністю, збагачених функціональними компонентами, у науковій літературі значно менше.

Враховуючи, що хліб є базовим продуктом харчування для більшості населення, існує гостра необхідність у розширенні асортименту дієтичних, оздоровчих і профілактичних хлібобулочних виробів, зокрема для хворих на діабет та осіб із надмірною вагою.

Попри те, що загалом хліб має нижчу глікемічність порівняно з багатьма кондитерськими виробами, продукти, виготовлені з сортового пшеничного борошна, зокрема здобні, часто характеризуються високим глікемічним індексом. Це зумовлено значним вмістом доданого цукру (від 6 до 20 % від маси борошна), що потребує цілеспрямованого коригування рецептурного складу.

Одним із перспективних шляхів зниження енергетичної цінності хлібобулочної продукції є заміна традиційного цукру на цукрозамінники. Проте на сьогодні частка виробів лікувально-профілактичного, дієтичного або оздоровчого призначення в загальному асортименті вітчизняної продукції залишається вкрай низькою — менш ніж 1 %. Зокрема, кількість хлібобулочних виробів зі зниженим вмістом вуглеводів є обмеженою.

У такій категорії представлені лише окремі види хліба, в яких частково або повністю пшеничне борошно замінюється на висівки (10–20 %) або суху клейковину (50–80 %). Це, зокрема, білково-пшеничний, білково-висівковий, білково-молочний хліб, а також висівкові вироби. Крім того, в асортименті представлені булочні вироби, де замість ЦБК використано ксилітол (наприклад, «жайворонки діабетичні», «здоба діабетична»), сорбітол (у виробах типу «сайки діабетичні») або сахарин (у сушках).

1.5. Фруктоза як джерело вуглеводів для зниження глікемічності харчових продуктів

Фруктоза належить до класу моносахаридів і є природним вуглеводом, що трапляється у великій кількості в солодких фруктах, ягодах та меді. Вона має солодкість, що приблизно у 1,7 раза перевищує солодкість білого кристалічного цукру (ЦБК). Калорійність фруктози становить близько 3,8 ккал/г, а її глікемічний індекс дорівнює 20, що значно нижче порівняно з іншими цукрами, що робить її привабливою з точки зору дієтичного харчування.

Фруктоза може бути отримана з різних джерел, зокрема з ЦБК, інуліну, сиропу топінамбуру шляхом біотехнологічної конверсії. У харчовій промисловості вона використовується переважно у вигляді кристалічного порошку. Особливістю метаболізму фруктози є те, що її засвоєння не залежить від дії інсуліну, що дозволяє вживати її особам, які страждають на цукровий діабет. Завдяки повільнішому всмоктуванню порівняно з глюкозою, фруктоза не викликає раптових підйомів рівня цукру в крові, тобто не провокує

гіперглікемії. Рекомендована добова норма споживання фруктози для людини становить 0,5–1,0 г на кілограм маси тіла.

Фруктоза відзначається високою розчинністю у воді, сиропи на її основі не схильні до кристалізації, а також має гігроскопічні властивості, що дозволяє утримувати необхідну вологість у готовій продукції. Вона здатна підсилювати смак і аромат, добре ферментується дріжджами, що є важливим для хлібопекарської справи.

Завдяки цим властивостям фруктоза широко застосовується у виробництві кондитерських виробів для осіб, які дотримуються спеціалізованої дієти, зокрема при цукровому діабеті. Так, в Одеській національній академії харчових технологій були проведені дослідження, які підтвердили доцільність використання фруктози — самостійно або в комбінації з полідекстрозою — у виробництві мармеладу.

Дослідження також свідчать про те, що фруктоза помітно впливає на реологічні властивості тіста для борошняних кондитерських виробів. Порівняно з ЦБК, вона знижує граничну напругу здобного тіста на 30–35 %, зменшує ефективну в'язкість тіста для кексів на 25 %, скорочує тривалість термообробки тістових заготовок на 8–10 %, а також підсилює забарвлення готових виробів через високу активність у реакціях меланоїдиноутворення.

Таким чином, фруктоза є перспективним цукрозамінником для розробки хлібобулочних виробів оздоровчого призначення зі зниженим глікемічним індексом.

Водночас необхідні цілеспрямовані наукові дослідження, що дозволять визначити її вплив на технологічні процеси та властивості готових хлібобулочних виробів, з метою ефективного використання у виробничій практиці.

Аналіз наукової літератури свідчить про те, що надмірне споживання легко засвоюваних вуглеводів, насамперед цукру білого кристалічного, є однією з провідних причин порушення обмінних процесів в організмі, що в свою чергу призводить до перенавантаження ендокринної системи. Такі зміни

суттєво підвищують ризик розвитку метаболічного синдрому, серцево-судинних захворювань, цукрового діабету та ожиріння.

Одним із найефективніших методів профілактики і корекції цукрового діабету, поряд із фармакологічною терапією, є раціонально побудована дієтотерапія. Вона ґрунтується на принципі зниження глікемічного навантаження за рахунок обмеження або повного виключення з раціону швидкорозчинних вуглеводів, зокрема цукру білого кристалічного.

На сьогодні в Україні для заміни цукру у виробництві хлібобулочних виробів найчастіше використовують сорбітол і ксилітол. Водночас, з урахуванням зарубіжного досвіду та сучасних наукових розробок, одним із найбільш перспективних природних підсолоджувачів є фруктоза — моносахарид, який має низький глікемічний індекс та не потребує участі інсуліну для засвоєння.

Разом із тим, широке впровадження у виробництво хлібобулочних виробів оздоровчого спрямування на основі фруктози потребує подальшого глибокого наукового вивчення та обґрунтування, що включає як технологічні аспекти, так і вплив на якість та харчову цінність готової продукції.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика сировини

Під час виконання експериментальних досліджень у якості сировини застосовували пшеничне борошно вищого сорту відповідно до вимог ДСТУ 46.004–99, пресовані хлібопекарські дріжджі згідно з ДСТУ 4812:2007, цукор білий кристалічний за стандартом ДСТУ 4623:2006, кухонну сіль харчову, що відповідає ДСТУ 3583–97, а також столовий маргарин за ДСТУ 4465–2005. У рамках дослідження як альтернативний підсолоджувач було використано фруктозу, виготовлену згідно з технічними умовами ТУ У 15.8-32706692-009:2007.

Фруктоза, що застосовувалася у дослідженні, мала вигляд білого порошку з солодким смаком, без характерного запаху. Вологість продукту не перевищувала 0,2 %, що свідчить про її високу стійкість до злежування та хорошу сипкість. Калорійність 100 г фруктози становила 379 ккал. Сукупність зазначених показників підтверджує відповідність сировини вимогам до якості та придатність до використання у технології хлібобулочних виробів функціонального призначення.

2.2. Методи дослідження

Експериментальні дослідження проводилися на базі лабораторій кафедри технології хліба та кондитерських виробів Національного університету харчових технологій. Робота виконувалась відповідно до розробленої блок-схеми проведення досліджень (рис. 2.1), яка передбачала послідовне виконання всіх етапів дослідження.

Визначення кількісних і якісних характеристик клейковини здійснювали відповідно до вимог ГОСТ 27839–88 та ГОСТ 28796–90. Оцінку якості клейковини проводили за показником розтяжності, використовуючи метод розтягування над лінійкою, що дозволяє встановити її фізико-механічні властивості.

З метою аналізу впливу умов приготування тіста на технологічний процес і якість готових виробів, було проведено серію пробних випікання. Тісто

замішували як традиційним опарним способом, так і безопарним методом. Усі замішування здійснювали вручну. Формування тістових заготовок також проводилося вручну, після чого їх витримували у термостаті за температури 37–40 °С і відносної вологості повітря $78 \pm 2\%$ до досягнення технологічної готовності.

Випікання проводили в лабораторній електропечі типу ЕШ–3 при температурі 200–220 °С. Усі додаткові параметри та умови експерименту детально описані в наступних підрозділах роботи.

Оцінювання якості тістових напівфабрикатів здійснювали за кількома показниками. Газоутримувальну здатність тіста визначали опосередковано за зміною його питомого об'єму під час бродіння — до моменту початку осідання. Реологічні властивості тіста, зокрема його в'язко-пластичну поведінку, вивчали за методом розпливання кульки тіста, що дозволяє кількісно оцінити пластичність та структурну стабільність маси. Для забезпечення об'єктивності результатів усі досліди проводили у повторностях, що дозволяло мінімізувати похибки та статистично опрацювати отримані дані. Результати вимірювань обробляли з використанням методів варіаційної статистики, що дало змогу визначити достовірність змін досліджуваних показників за різних умов приготування тіста та складу рецептур.

Особливу увагу у дослідженнях було приділено порівнянню показників якості тіста і готової продукції при використанні фруктози замість цукру білого кристалічного. Зокрема, аналізувалися зміни у структурно-механічних властивостях тіста, динаміка бродіння, інтенсивність підйому заготовок, а також колір, об'єм і пористість готових виробів. Такий комплексний підхід дозволив виявити ключові технологічні особливості використання фруктози у хлібобулочному виробництві.

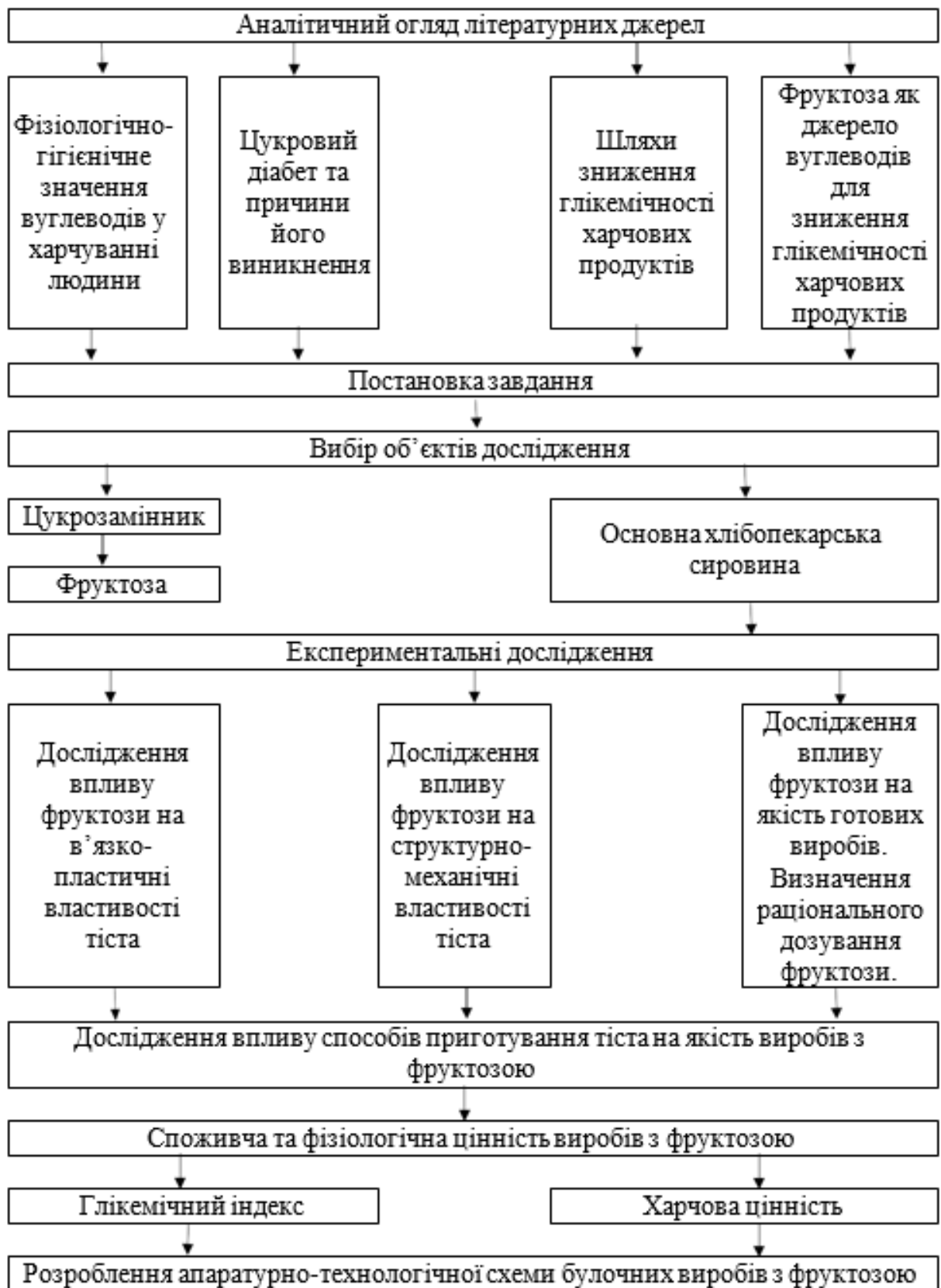


Рис. 2.1. Блок-схема комплексних досліджень

Якість хлібобулочних виробів оцінювали через 3–4 години після завершення випікання, що є оптимальним періодом для стабілізації структури виробу та прояву повного спектра його споживчих властивостей. Оцінювання здійснювали згідно зі стандартними методиками, прийнятими у вітчизняній та міжнародній хлібопекарській практиці, які базуються на сукупному аналізі фізичних, хімічних та органолептичних характеристик готової продукції.

До основних показників, які аналізували у процесі дослідження, належали питомий об'єм виробів, формостійкість, а також органолептичні ознаки. Питомий об'єм визначали як співвідношення об'єму виробу до його маси, що дозволяє оцінити ступінь розпушення тіста та рівень розвитку клейковинного каркасу. Цей показник є надзвичайно важливим з точки зору текстури та пористості готового виробу. Формостійкість характеризує здатність тістової заготовки зберігати задану форму під час вистоювання та випікання, і визначається співвідношенням висоти до діаметра готового виробу. Висока формостійкість свідчить про добре розвинену структуру тіста та стабільність глютенowego комплексу, особливо важливу за умов використання альтернативних інгредієнтів, таких як фруктоза.

Органолептична оцінка включала аналіз зовнішнього вигляду, стану м'якушки, смакових характеристик, аромату та кольору скоринки. Вироби аналізували за п'ятибальною шкалою, звертаючи увагу на рівномірність забарвлення, відсутність тріщин і вм'ятин, наявність приємного запаху, вираженого смаку та типового для даного виду хлібобулочних виробів стану м'якушки. Особливу увагу приділяли інтенсивності забарвлення скоринки, оскільки використання фруктози активізує реакції Майяра, що призводить до утворення більш насиченого кольору внаслідок взаємодії редукуючих цукрів з амінокислотами.

Для оцінювання впливу фруктози на глікемічний профіль готових виробів застосовували розрахунковий метод визначення глікемічного індексу (ГІ), який був розроблений у результаті наукових досліджень професором А.М.

Дороховичем у співпраці з фахівцями у галузі дієтології та харчових технологій. Методика базується на обчисленні глікемічного навантаження, яке враховує масову частку вуглеводів у рецептурі та їхні індивідуальні глікемічні індекси. Глікемічний індекс дозволяє оцінити, наскільки швидко після вживання конкретного продукту зростає рівень глюкози в крові. Показник глікемічності, що обчислюється у глікемічних одиницях на 100 г продукту, надає цінну інформацію для дієтичного планування, зокрема в раціонах людей із порушеннями вуглеводного обміну, такими як цукровий діабет чи метаболічний синдром.

Оцінка харчової цінності виробів проводилася за допомогою визначення так званого інтегрального скору — комплексного індексу, що характеризує амінокислотну збалансованість білків у харчовому продукті. Цей показник дозволяє оцінити біологічну повноцінність білкової складової виробу шляхом порівняння амінокислотного профілю продукту з референтним (ідеальним) білком. Чим ближчий інтегральний скор до 1, тим більш збалансованим є білок, що свідчить про його кращу засвоюваність і біологічну ефективність для організму людини. Такий підхід дає змогу не лише оцінити якість білкової частини виробу, а й зробити висновки щодо загальної харчової цінності нової рецептури в контексті функціонального та оздоровчого харчування.

Таким чином, застосування комплексного підходу до оцінювання якості хлібобулочних виробів із використанням як традиційних, так і розрахункових методів дозволяє не лише об'єктивно оцінити споживчі характеристики виробів, але й надати науково обґрунтовані висновки щодо доцільності використання фруктози як альтернативного цукрозамінника у виробництві продукції зі зниженим глікемічним навантаженням.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз наукових джерел свідчить про наявність широкого асортименту цукрозамінників, які використовуються у виробництві харчової продукції замість цукру білого кристалічного.

На українському ринку представлені як поліспирти (сорбітол, ксилітол), так і інтенсивні підсолоджувачі синтетичного або природного походження. Одним із перспективних замінників є моносахарид фруктоза, яка має солодкість, що перевищує аналогічний показник ЦБК у 1,7 раза, та характеризується низьким глікемічним індексом ($GI = 20$), у той час як для ЦБК він становить близько 60.

В умовах вітчизняного хлібопекарського виробництва найчастіше використовують сорбітол у концентрації 5–7 % від маси борошна, а ксилітол — дещо рідше, у межах 7–8 %. Проте інформація щодо практичного застосування фруктози у виробництві хлібобулочних виробів обмежена, що зумовлює актуальність подальших досліджень, спрямованих на оцінку її технологічної ефективності та впливу на властивості готової продукції.

3.1. Вплив фруктози на технологічний процес і якість виробів

Беручи до уваги, що фруктоза, порівняно з сорбітолом і ксилітолом, має значно вищі технологічні і гігієнічні характеристики, а також зважаючи на її фізіологічні властивості, проводили дослідження доцільності використання фруктози у хлібопекарському виробництві для заміни ЦБК у технології дієтичних та профілактичних виробів.

Аналіз асортименту булочних і здобних виробів поширених в Україні показав, що найчастіше до рецептури булочних виробів входить 2–6 %, а здобних 7–12 % ЦБК. За даними І. Єлецького помітне збільшення динаміки виділення CO_2 під час бродіння тіста спостерігається при дозуванні в нього 3 % ЦБК до маси борошна, максимальне – при внесенні 6 %, а в разі додання 9 % і більше інтенсивність бродіння зменшується.

Виходячи з цього, і зважаючи на більшу солодкість фруктози, ніж ЦБК, визначали вплив фруктози на показники технологічного процесу та якість

виробів за дозування 6 % до маси борошна, порівняно з впливом ідентичної кількості ЦБК. Тісто готували з борошна вищого сорту безопарним способом. Замішування проводили вручну.

Тривалість дозрівання його була 120 хв за температури 30+2 °С. Через 60 і 90 хв дозрівання тісто обминали. Оброблювали тісто вручну. Вистоювання тістових заготовок проводили за температурі 37+2 °С і відносній вологості 75–78 %. Тістові заготовки випікали в електричній шафі за температури 200–220 °С із зволоженням пекарної камери. Якість виробів оцінювали через 3 год після випікання.

Таблиця 3.1

Рецептурна таблиця

Сировина	Булочка на сахарозі (контроль)	Булочка на фруктозі (6,0% фруктози)
Борошно пшеничне вищого сорту	100,5	99,8
Дріжджі хлібопекарські пресовані	2,7	2,8
Сіль кухонна харчова	1,0	1,6
Маргарин столовий	4,2	4,4
Цукор білий кристалічний	8,6	0,5
Фруктоза	0,3	6,2
Яйця на змащування	1,0	0,7
Кунжут на посипку	1,2	1,3
Всього	119,9	116,9

3.2. Дослідження впливу фруктози на якість напівфабрикатів

Одним із ключових показників, що характеризують бродильну активність пресованих хлібопекарських дріжджів, є їх підймальна сила. Саме цей параметр визначає здатність дріжджових культур ефективно зброджувати тістові напівфабрикати, впливаючи на швидкість накопичення вуглекислого газу, ступінь розпушення тіста та формування структури готових виробів. Чим

вищою є підймальна сила дріжджів, тим активніше вони забезпечують процес бродіння та кращу якість хлібобулочної продукції.

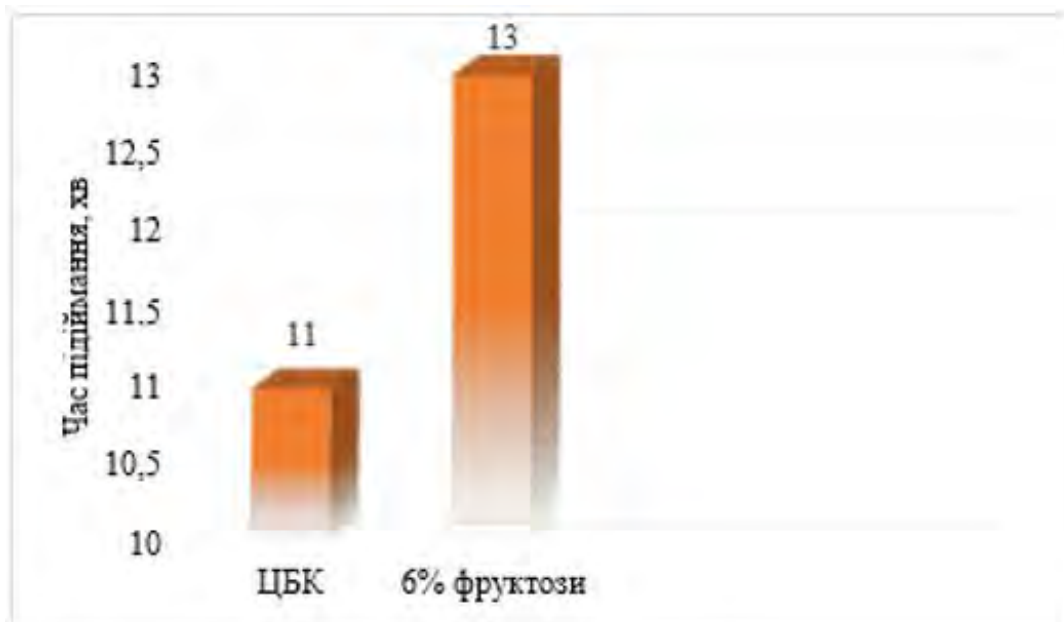


Рис. 3.1. Вплив фруктози на бродильну активність дріжджів

На основі проведених досліджень встановлено, що присутність фруктози у рецептурі хлібобулочних виробів певною мірою впливає на бродильну активність дріжджів. Зокрема, за умови внесення 6 % фруктози до маси борошна спостерігалось зниження підймальної сили дріжджів.

У порівнянні з тістом, у якому використовували таку ж кількість сахарози, активність дріжджів зменшилася приблизно на 9 %. Це свідчить про помірне інгібування процесу газоутворення при використанні фруктози, що слід враховувати при коригуванні технологічного режиму під час виробництва виробів оздоровчого призначення. Клейковина є одним із найбільш інформативних показників, що характеризують функціональний стан білково-протеїназного комплексу тіста. Саме вона відіграє ключову роль у формуванні структурно-механічних властивостей тіста, зокрема його еластичності, пружності та здатності утримувати вуглекислий газ, який утворюється під час бродіння. Це, своєю чергою, забезпечує стабільність форми тістових заготовок під час вистоювання та випікання.

Гідратовані білкові фракції — гліадин і глютенін — формують у тісті неперервну губчасто-сітчасту структуру, яка виконує функцію каркасу, що визначає фізичні властивості тіста. Формування цих властивостей тісно пов'язане з кількістю клейковини, її розтяжністю, пружністю та здатністю до гідратації.

На водопоглинальну здатність білків клейковини суттєво впливають дегідруючі компоненти рецептури, зокрема цукри. У зв'язку з цим постає потреба вивчення впливу фруктози на кількісні та якісні характеристики клейковини в тісті. З метою оцінки цього впливу було проведено дослідження із використанням різного рівня дозування фруктози, результати якого наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Вплив фруктози на кількість і якість клейковини

Показник	Булочка на сахарозі (контроль)	Булочка на фруктозі (6,0% фруктози)
Кількість сирої клейковини, %	26,7	25,4
Розтяжність, см	15,7	15,5

Результати дослідження впливу фруктози порівняно з сахарозою на кількість і якість клейковини, що була відмита із зразків бездріжджового тіста через 20 хвилин після замішування, засвідчили, що за використання фруктози вміст сирої клейковини в тісті знижується. Зокрема, у зразку тіста, до якого було внесено 6 % фруктози, відмічено меншу кількість відмитої клейковини порівняно з аналогічним зразком на цукрі білому кристалічному. При дозуванні 9 % фруктози зниження цього показника становило близько 1,5 %.

Щодо розтяжності клейковини, істотного зниження її значень не виявлено. Навпаки, у зразку тіста з 6 % фруктози розтяжність була вищою на 6 % у порівнянні з контролем. Це свідчить про те, що фруктоза не знижує еластичність гідратованих білків, а в деяких випадках навіть сприяє підвищенню пластичності клейковинного каркасу.

Зменшення кількості відмитої клейковини при використанні фруктози можна пояснити її високою реакційною здатністю. На відміну від сахарози, фруктоза здатна утворювати стабільні комплекси з білками клейковини, що призводить до зміни просторової структури білкових молекул. Унаслідок цього частина білків не здатна формувати повноцінну клейковину і не виділяється під час відмивання, що знижує загальний показник сирої клейковини. З огляду на те, що тісто, крім пружно-еластичних, також характеризується в'язко-пластичними властивостями, у ході дослідження було проаналізовано вплив фруктози на в'язкість тістової маси. Для цього використовували метод визначення розпливання кульки тіста, що наочно відображає ступінь деформаційної здатності зразка під дією сили тяжіння (рис. 3.2).

Оптимальний рівень в'язкості тіста має важливе технологічне значення. Надмірно в'язке тісто ускладнює газоутворення й газотримання, що призводить до недостатнього розпушення м'якушки, потовщення стінок пор і зниження загальної пухкості виробу. Навпаки, надто низька в'язкість сприяє руйнуванню структури пор, зливанню дрібних газових осередків у великі, внаслідок чого утворюється нерівномірна крупна пористість.

Для оцінювання впливу як цукру білого кристалічного (ЦБК), так і фруктози на реологічні властивості тіста було проведено вимірювання розпливання кульки тіста масою 50 г. Розпливання відображає рівень внутрішнього тертя в системі: чим більший діаметр розпливу, тим меншою є в'язкість тіста, що свідчить про зниження міжмолекулярної взаємодії внаслідок дії цукру або його замітника.

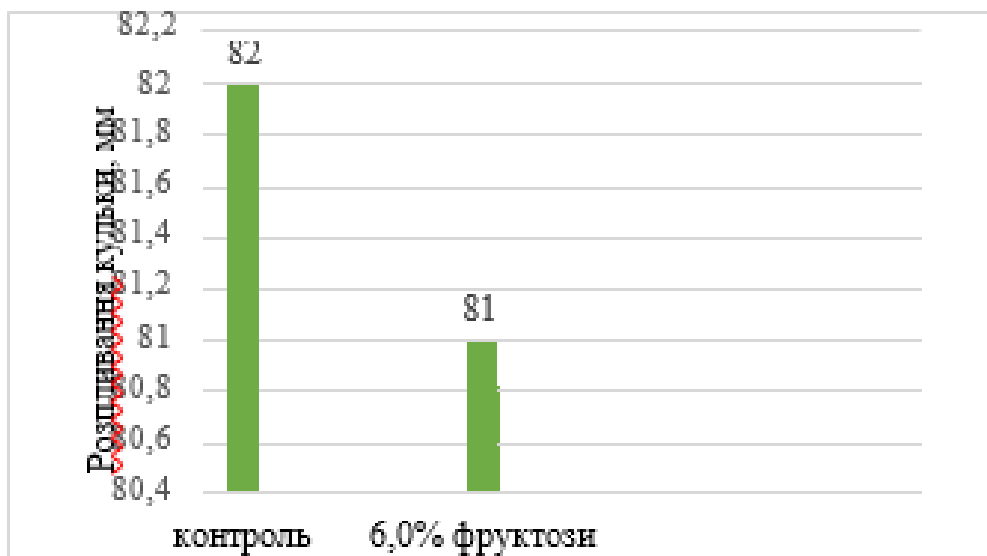


Рис. 3.2. Розпливання кульки тіста

У результаті дослідження встановлено, що через 3 години бродіння тісто з додаванням фруктози демонструє на 7 % більше розпливання порівняно зі зразком, у який було внесено таку ж кількість сахарози. Це свідчить про зниження в'язкості тістової маси при використанні фруктози як підсолоджувача. Однією з можливих причин такого ефекту є вищий вміст вільної (рідкої) фази в тісті з фруктозою, що може бути зумовлено різницею у гігроскопічних властивостях цукрів — фруктоза має вищу здатність до поглинання вологи, ніж сахароза. Крім того, вплив може бути пов'язаний із меншим фактичним дозуванням фруктози в рецептурі через її вищу солодкість, що зменшує загальну кількість твердих речовин у тісті.

3.3. Дослідження впливу фруктози на якість готових виробів

З метою комплексної оцінки впливу фруктози, а також встановлення залежності якості готових булочних виробів від рівня її дозування в рецептурі, було проведено дослідження органолептичних і фізико-хімічних характеристик продукції. Отримані результати дозволяють об'єктивно оцінити зміни, що відбуваються у властивостях готових виробів при заміні цукру білого кристалічного фруктозою. Підсумкові дані органолептичної оцінки та фізико-хімічного аналізу наведено в таблиці 3.3.

Оцінка якості готових булочних виробів

Показник	Булочка на сахарозі (контроль)	Булочка на фруктозі (6,0% фруктози)
Питома об'ємна маса, см ³ /г	3,37	3,31
Формостійкість, Н/Д	0,41	0,4
Поверхня виробу	гладка, без тріщин	гладка, без підривів
Колір скоринки	золотисте забарвлення	золотисто-коричневе забарвлення
Консистенція м'якушки	еластична	пружна
Структура пористості	рівномірна, тонкостінна	тонкостінна, помірно рівномірна
Аромат	характерний для булочних виробів	характерний булочний аромат
Смак та аромат	типовий для булочних виробів	виражений солодкий присмак

За результатами органолептичної оцінки встановлено, що вироби, виготовлені з використанням фруктози, за показниками зовнішнього вигляду, текстури м'якушки, аромату та загального сприйняття не поступалися аналогічним виробам, у рецептурі яких застосовувався цукор білий кристалічний. Навпаки, у зразках із фруктозою спостерігалось більш насичене забарвлення скоринки, що пояснюється вищою реакційною здатністю цього моносахариду в реакціях Майяра. Крім того, при дозуванні фруктози на рівні 6 % до маси борошна фіксувалося чітко виражене підсолодження смаку, що зумовлено її солодкістю, яка у 1,7 раза перевищує солодкість сахарози.

За фізико-хімічними показниками, зокрема питомим об'ємом і формостійкістю, зразки на фруктозі демонстрували незначне зниження — на рівні 1,5–5,0 % порівняно з контрольними зразками на сахарозі. Водночас структура м'якушки та характер пористості залишалися подібними у обох варіантах.

Таким чином, узагальнення отриманих результатів дає підстави стверджувати, що використання фруктози у рецептурах хлібобулочних виробів є доцільним. Її застосування дозволяє не лише зберігати високі органолептичні

характеристики готової продукції, а й сприяє зниженню глікемічного індексу виробів, що розширює їх потенціал як дієтичної або профілактичної продукції.

За даними медико-біологічних досліджень, рекомендована добова норма споживання фруктози для осіб, хворих на цукровий діабет, становить у межах 0,5–1,0 г на 1 кг маси тіла.

Таким чином, при середній масі тіла дорослої людини 70 кг, добове споживання фруктози не повинно перевищувати 35–70 г. Зважаючи на те, що вміст функціонального інгредієнта у продуктах оздоровчого призначення має складати від 20 до 50 % від добової потреби, оптимальна кількість фруктози, яку доцільно споживати разом із хлібобулочними виробами, може коливатися в межах 17,5–35 г на добу.

Це означає, що навіть при вживанні 200 г булочних виробів, збагачених фруктозою у дозі до 9 % від маси борошна, споживання залишатиметься в межах рекомендованої норми.

Ураховуючи результати комплексних експериментальних досліджень, можна з упевненістю стверджувати, що впровадження фруктози до складу хлібобулочних виробів є технологічно доцільним та ефективним заходом, що дозволяє отримати продукцію з підвищеними споживчими і функціональними властивостями. Зокрема, вироби, рецептура яких була модифікована шляхом заміни частини або всієї кількості традиційного цукру білого кристалічного на фруктозу в кількості 6 % до маси борошна, продемонстрували високі показники якості на всіх етапах дослідження.

Візуальний аналіз готових зразків підтвердив однорідність структури та правильну форму виробів, що свідчить про добру формостійкість тіста у процесі термічної обробки. Колір скоринки був більш насиченим порівняно з контрольними зразками, що пояснюється підвищеною реакційною здатністю фруктози у реакціях Майяра. Цей ефект сприяв не лише покращенню зовнішнього вигляду, але й формуванню привабливого аромату та характерного смаку, що має значення для підвищення органолептичної привабливості виробу.

Органолептична оцінка, проведена з дотриманням стандартних методик, показала, що вироби з додаванням 6 % фруктози вирізнялися м'якою, еластичною м'якушкою з рівномірною пористістю, приємним солодкуватим смаком та вираженим ароматом, властивим здобним хлібобулочним виробам. Споживчі властивості таких зразків залишалися на рівні, співставному або навіть вищому порівняно з традиційною рецептурою, що містила цукор білий кристалічний.

З позиції функціонального харчування використання фруктози є науково обґрунтованим. Завдяки низькому глікемічному індексу (приблизно 20 у фруктози проти 60 у сахарози), її застосування дозволяє зменшити глікемічне навантаження на організм споживача. Це особливо важливо для людей, які дотримуються дієтичного раціону або мають потребу у контролі рівня глюкози в крові — зокрема, хворим на цукровий діабет, особам із метаболічним синдромом, а також тим, хто прагне запобігти розвитку таких порушень. Вироби, розроблені за удосконаленою рецептурою, можуть бути позиціоновані як продукція оздоровчого або профілактичного призначення, що розширює їх ринковий потенціал і відповідає сучасним тенденціям споживання.

Таким чином, результати досліджень свідчать про доцільність застосування фруктози в рецептурах хлібобулочних виробів, і зокрема, встановлене раціональне дозування в межах 6 % до маси борошна. Це дозування забезпечує необхідну інтенсивність солодкого смаку, позитивно впливає на колір і аромат виробу, не погіршує його фізико-хімічні та текстурні характеристики, а також надає готовій продукції функціональну цінність. Отже, така технологічна модифікація може бути рекомендована для впровадження у виробничу практику як ефективний засіб зниження глікемічності без шкоди для якості готової продукції.

РОЗДІЛ 4. ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

4.1. Дослідження впливу способу приготування тіста на якість булочних виробів

Серед існуючих технологічних підходів до приготування тіста для здобної хлібобулочної продукції найбільш широко поширені та практично обґрунтовані є два основні методи — опарний і безопарний. Обидва способи мають свої переваги та особливості, проте саме опарний спосіб у більшості випадків дозволяє досягти кращих результатів з точки зору органолептичних та фізико-хімічних характеристик готової продукції.

Застосування опарного способу сприяє активному протіканню колоїдних, ферментативних та мікробіологічних процесів не лише на етапі формування опари, а й під час подальшого дозрівання тіста. Поступове внесення сировинних компонентів, зокрема частини борошна, води та дріжджів на стадії приготування опари, створює сприятливе середовище для розмноження дріжджових клітин та розвитку молочнокислих бактерій. У результаті цього процесу утворюється значна кількість водорозчинних сполук, таких як амінокислоти, цукри та інші низькомолекулярні метаболіти, які є важливими попередниками смакових і ароматичних компонентів хліба.

Крім того, наявність додаткової стадії бродіння (опари) позитивно впливає на якість тістової структури, стабілізуючи її за рахунок формування більш міцного глютенowego каркасу. Такий підхід забезпечує підвищену стійкість тіста до механічних навантажень, поліпшену газоутримувальну здатність, а отже, кращу формостійкість виробів та збільшення їх питомого об'єму. Не менш важливою перевагою опарного способу є подовження терміну збереження свіжості хлібобулочних виробів за рахунок накопичення природних органічних кислот, які виконують функцію природного консерванту.

З іншого боку, безопарний спосіб приготування тіста, попри свою простоту й коротший технологічний цикл, не завжди дозволяє досягти аналогічного рівня якості. Особливо це стосується виробів з модифікованим складом, де застосовуються нетрадиційні інгредієнти, такі як цукрозамінники.

Враховуючи результати попередніх етапів дослідження, які виявили певне зниження інтенсивності бродіння тіста при заміні цукру білого кристалічного на фруктозу, а також фіксували зменшення об'єму готових виробів і деяке послаблення їхньої структури, виникла об'єктивна потреба у проведенні додаткового етапу досліджень. Зокрема, постало завдання з'ясувати, як саме вибір способу тістоприготування — опарного або безопарного — впливає на перебіг технологічного процесу у разі використання фруктози як цукрозамінника, а також визначити, яким чином це відбивається на споживчих властивостях хлібобулочних виробів.

Таке дослідження є особливо важливим для оптимізації технології виробництва функціональної продукції з пониженим глікемічним індексом, оскільки дозволяє знайти компроміс між спрощенням виробничого процесу та забезпеченням високих показників якості готового виробу. Вибір оптимального способу тістоприготування при використанні фруктози сприятиме досягненню необхідного рівня структурної стабільності, пористості, смаку та аромату виробів, а також дасть змогу зберегти усі переваги застосування цукрозамінника без компромісу у споживчих характеристиках.

У межах експерименту тісто готували як опарним, так і безопарним способом. При опарному методі опару готували з 50 % від загальної маси борошна за вологості 45 %, тривалість дозрівання опари становила 240 хвилин, а дозрівання тіста на її основі — 90 хвилин. Для безопарного способу передбачалося бродіння тіста протягом 120 хвилин. Зразки мали округлу форму виробів масою по 0,1 кг, типову для булочок. Показники перебігу технологічного процесу та результати оцінки якості готових виробів подано в таблиці, що наведена далі.

Вплив способу приготування тіста на його властивості та якість виробів

Показники	Опарний спосіб	Безопарний спосіб
Тривалість бродіння, хв	60,04	120,03
Тривалість вистоювання, хв	49,97	59,96
Питомий об'єм тіста, см ³ /г	2,65	2,66
Питомий об'єм виробів, см ³ /г	3,34	3,03
Формостійкість, Н/Д	0,36	0,36

Оцінювання ефективності використання опарного та безопарного способів тістоприготування здійснювалося на основі комплексного аналізу як фізико-хімічних, так і органолептичних характеристик готових булочних виробів. Ключовим критерієм при цьому виступала сукупність параметрів, що безпосередньо впливають на споживчу привабливість та технологічну стабільність виробів — зокрема, питомий об'єм, формостійкість, структура м'якушки, а також зовнішній вигляд, аромат і смак.

Результати експериментального дослідження однозначно засвідчили перевагу опарного способу приготування тіста при використанні фруктози як цукрозамінника. Так, згідно з отриманими даними, питомий об'єм готових виробів, виготовлених за опарною технологією, був у середньому на 8–10 % більшим порівняно з виробами, виготовленими безопарним способом. Це свідчить про кращу розвиток глютенної сітки, стабільнішу структуру тіста, а також ефективніше газоутримання внаслідок глибшого перебігу ферментативних та мікробіологічних процесів на стадії бродіння. Завдяки цьому в тісті накопичується більше вуглекислого газу, що забезпечує розпушення м'якушки та формування вираженої пористої структури.

Крім того, перевагою опарного способу є інтенсифікація біохімічних реакцій, які формують смако-ароматичний букет виробів. Саме у процесі тривалого бродіння опари та тіста накопичуються леткі ароматичні сполуки,

органічні кислоти та спирти, що зумовлюють характерний приємний запах готових виробів. З огляду на це, зразки, виготовлені за опарною схемою, вирізнялися насиченішим ароматом і більш вираженим післясмаком.

Водночас результати органолептичної оцінки зразків, виготовлених безопарним способом, свідчать про достатньо високий рівень якості й цього методу тістоприготування. Вироби мали правильну округлу форму з рівномірною, гладкою поверхнею, добре забарвлену скоринку приємного золотистого кольору. М'якушка таких виробів була м'якою, ніжною, з еластичною консистенцією, хоча за структурною виразністю і розвиненістю пористості вона дещо поступалася зразкам, отриманим за опарною технологією.

Отже, можна зробити висновок, що обидва способи приготування тіста — як опарний, так і безопарний — є придатними для виготовлення булочних виробів із використанням фруктози. Проте з технологічної точки зору саме опарний спосіб забезпечує вищі якісні показники, особливо у випадках, коли необхідно компенсувати особливості дії фруктози на бродильну активність дріжджів та консистенцію тіста. Завдяки глибшій ферментації опара сприяє відновленню оптимальних умов для формування об'єму та структури тіста, що дозволяє мінімізувати потенційні недоліки, пов'язані з використанням цукрозамінників. У виробничих умовах це дозволяє отримати стабільну, конкурентоспроможну продукцію із заданими оздоровчими властивостями без шкоди для споживчих характеристик.

Таким чином, можна стверджувати, що високу якість булочних виробів з додаванням фруктози можна забезпечити як за умови опарного, так і безопарного способу приготування тіста. Водночас використання опари дозволяє досягти дещо кращих результатів за сукупністю фізико-хімічних та структурних показників.

На основі проведених досліджень було розроблено оптимізовану рецептуру булочних виробів з фруктозою, яку наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Рецептура дослідних зразків булочних виробів

Сировина	Булочка на фруктозі (6,0% фруктози)
Борошно пшеничне вищого сорту	99,8
Дріжджі хлібопекарські пресовані	3,1
Сіль кухонна харчова	1,5
Маргарин столовий	4,0
Цукор білий кристалічний	0,0
Фруктоза	5,6
Яйця на змащування	0,9
Кунжут на посипку	1,2
Всього	116,6

Проведені дослідження підтвердили доцільність використання фруктози у рецептурі булочних виробів з метою формування продукції з покращеними споживчими властивостями. Застосування фруктози сприяє покращанню кольору скоринки — вона набуває більш насиченого золотисто-коричневого відтінку, а також підсилює смак і аромат готових виробів завдяки активній участі фруктози в реакціях Майяра.

Харчова цінність булочок із фруктозою загалом зберігається: вміст білків і жирів залишається практично незмінним порівняно з виробами на цукрі білому кристалічному. Водночас, завдяки низькому глікемічному індексу фруктози ($GI = 20$ проти $GI = 60$ у сахарози), такі вироби мають нижче глікемічне навантаження на організм. У підсумку, булочки з додаванням фруктози можна віднести до категорії функціональних харчових продуктів.

Вони можуть бути рекомендовані для вживання особам, що дотримуються спеціального дієтичного раціону, включаючи хворих на цукровий діабет або людей із підвищеною чутливістю до цукрів. Впровадження удосконаленої технології виробництва булочних виробів із застосуванням фруктози потребує всебічного аналізу не лише з точки зору покращення споживчих властивостей продукції, а й з позиції енергоефективності та раціонального використання виробничих ресурсів. В умовах нестабільної економіки, зростання вартості енергоносіїв та необхідності оптимізації виробничих витрат, особливої актуальності набуває дослідження впливу нових інгредієнтів на параметри енергоспоживання, витрати сировини та загальну ефективність виробничого процесу.

Однією з ключових особливостей фруктози, що забезпечує переваги у виробництві, є її висока реакційна здатність у реакціях неферментативного потемніння — зокрема в реакції Майяра. Завдяки цьому процес формування скоринки під час випікання відбувається інтенсивніше, що дозволяє досягти бажаного кольору та аромату за короткий проміжок часу. Практичні спостереження показали, що тривалість термічної обробки за використання фруктози може бути зменшена на 5–10 % без втрати якості готового виробу. Це, у свою чергу, знижує витрати енергії на одиницю продукції, що є важливим чинником в умовах підвищення тарифів на електроенергію та газ.

Крім зменшення часу випікання, позитивний вплив фруктози простежується також на етапах бродіння та вистоювання тіста. Незважаючи на те, що підймальна сила дріжджів у присутності фруктози дещо знижується, завдяки контролю режимів ферментації та застосуванню опарного способу приготування тіста досягається стабільна структура м'якушки та задовільний об'єм виробів. Крім того, тісто з фруктозою має меншу в'язкість, що полегшує процес замішування та сприяє зниженню механічного навантаження на обладнання, а отже й витрат електроенергії під час цього етапу.

Серед важливих чинників ресурсозбереження, які супроводжують впровадження фруктози в технологію виробництва хлібобулочних виробів, слід

окремо виділити її підвищену солодкість у порівнянні з традиційним цукром білим кристалічним (сахарозою). За оцінками, інтенсивність солодкого смаку фруктози приблизно у 1,7 раза перевищує аналогічний показник для сахарози. Це означає, що для досягнення бажаного рівня солодкості в готовому виробі кількість фруктози в рецептурі може бути суттєво зменшена — орієнтовно на 20–30 % у порівнянні з базовим рівнем додавання цукру.

Такий підхід дозволяє значно скоротити сировинні витрати, що у сучасних умовах є надзвичайно актуальним, зважаючи на підвищену вартість спеціалізованих харчових інгредієнтів, частина з яких (у тому числі фруктоза) імпортується з-за кордону. Зниження дозування дороговартісної сировини без шкоди для споживчих властивостей продукції сприяє оптимізації собівартості виробу, зменшенню фінансового навантаження на підприємство та дозволяє більш гнучко реагувати на ринкові коливання, зокрема — зростання вартості імпортованих товарів у зв'язку з нестабільністю валютного курсу.

Окрім впливу на сировинну ефективність, фруктоза має ще одну цінну технологічну властивість — гігроскопічність, тобто здатність активно поглинати та утримувати вологу. Ця властивість позитивно відбивається на текстурних і зберігальних характеристиках готової продукції. Завдяки здатності фруктози утримувати вологу в структурі м'якушки, хлібобулочні вироби довше зберігають м'якість, еластичність і свіжість, що має важливе значення як з точки зору комфорту споживання, так і з погляду товарного вигляду продукції.

Практичним наслідком такої властивості є подовження строків збереження якості виробу без необхідності використання додаткових консервантів або упаковки з підвищеними бар'єрними властивостями. В умовах ринку це дозволяє продовжити період реалізації продукції у торговельних мережах, знизити ймовірність повернень із роздрібних точок через втрату товарного вигляду або текстурних властивостей виробу, а отже — суттєво скоротити втрати, пов'язані з утилізацією або списанням непридатної до продажу продукції.

Таким чином, застосування фруктози у виробництві хлібобулочних виробів не лише забезпечує харчову й функціональну цінність продукту, а й відкриває нові можливості для економічно доцільного управління ресурсами. Комбінація ефективного дозування, гігроскопічних властивостей і позитивного впливу на збереження свіжості забезпечує комплексний позитивний ефект — як на рівні виробничої ефективності, так і в рамках загальної рентабельності хлібопекарського підприємства.

Таким чином, удосконалена технологія виробництва булочних виробів із фруктозою дозволяє оптимізувати всі ключові етапи виробничого процесу — від тістоприготування до випікання і зберігання. Енергетичні витрати скорочуються завдяки зменшенню часу термічної обробки та спрощенню механічної обробки тіста, знижується собівартість продукції за рахунок меншого дозування цукрозамінника і подовження терміну зберігання. Крім того, зменшується кількість браку, втрат і енергетичних витрат на одиницю продукції, що в комплексі забезпечує зростання ефективності виробництва.

У підсумку можна зазначити, що впровадження удосконаленої рецептурної композиції з використанням фруктози є не лише технологічно обґрунтованим з точки зору харчової цінності та споживчих властивостей, а й вигідним з позиції енерго- та ресурсозбереження, що відповідає сучасним принципам сталого виробництва.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНОХІМІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

5.1. Технохімічний контроль виробництва

На підприємствах хлібопекарської галузі технохімічний контроль є невід'ємною складовою системи управління якістю та здійснюється з метою забезпечення стабільного випуску продукції високого рівня. Основою для проведення технохімічного контролю слугує чинна нормативно-технічна документація, яка регламентує вимоги до сировини, напівфабрикатів, технологічних режимів та готової продукції. Проведення технохімічного контролю є обов'язковим на всіх етапах виробничого процесу.

Технохімічний контроль здійснюється поетапно та включає три основні рівні. Першим етапом є вхідний контроль сировини та допоміжних матеріалів. Другий етап передбачає контроль якості напівфабрикатів та оперативний моніторинг дотримання технологічного процесу. Третій етап охоплює комплексну оцінку якості готової продукції — як за органолептичними, так і за фізико-хімічними показниками.

Організацією та проведенням контролю займаються виробничі лабораторії, до складу яких входять центральна виробнича лабораторія (ЦВЛ) та лабораторії, розміщені у виробничих цехах. Усі лабораторії укомплектовані кваліфікованими фахівцями: інженером з якості сировини, інженером-аналітиком, інженером-радіологом та лаборантами. Кожен спеціаліст відповідає за окремий напрямок контролю.

Інженер з якості сировини здійснює вхідний контроль відповідно до вимог нормативної документації. Його обов'язки включають перевірку супровідної документації, візуальний огляд сировини та відбір зразків для лабораторного аналізу. Після перевірки він проставляє відповідну позначку на супровідних накладних, що засвідчує відповідність сировини вимогам та дозволяє її допуск на склад. Також ведеться облік у «Журналі реєстрації сировини, що надійшла на підприємство».

Інженеру з якості допомагають інженер-аналітик та інженер-радіолог. Інженер-аналітик проводить дослідження фізико-хімічних і органолептичних показників згідно з галузевими стандартами, у межах акредитації ЦВЛ. Отримані результати він фіксує в журналі вхідного контролю. Інженер-радіолог здійснює контроль сировини на вміст радіонуклідів і також заносить результати до відповідної документації. Після проходження вхідного контролю сировина допускається до зберігання на складі. У випадках, коли супровідна документація відсутня або неповна, сировина та допоміжні матеріали можуть бути повернені постачальнику або ж тимчасово зберігаються на складі окремо, з відповідним маркуванням «Контроль!», до моменту надходження необхідних документів і завершення перевірки.

Інженер з якості забезпечує постійний моніторинг усіх етапів виробничого процесу. Зокрема, здійснюється контроль за якістю напівфабрикатів, проводиться оцінка фізико-хімічних та органолептичних показників готової продукції. У вибіркового контролю готової продукції інженеру з якості допомагає інженер-аналітик, який аналізує відповідність кінцевого продукту вимогам нормативної документації. Всі дослідження здійснюються безпосередньо в цеху, а контрольна діяльність проводиться за участю техніків-лаборантів.

Результати контролю напівфабрикатів і готової продукції фіксуються в журналах встановленої форми. Записи до журналів вносяться інженерами Центральної виробничої лабораторії (ЦВЛ), працівниками відділу технічного контролю (ВТК) та техніками-лаборантами. Правильність ведення документації контролюється начальником ЦВЛ, який засвідчує інформацію своїм підписом.

На підприємстві обов'язково функціонує технологічна лабораторія, яка відповідає за дотримання технологічної дисципліни у виробничому процесі. До функцій лабораторії входить встановлення основних технологічних параметрів — рецептур, режимів обробки, показників якості сировини, напівфабрикатів і готових виробів. Технологічна лабораторія також відповідає за своєчасне коригування рецептур залежно від якості вхідної сировини, визначення

технологічних витрат, розрахунок виходу продукції по сортах та проведення контрольних виробничих випічок.

Крім того, лабораторія здійснює моніторинг умов зберігання та витрат борошна, регулювання якості рідких заквасок, контроль за вологістю, кислотністю, температурними режимами, тривалістю бродіння тіста, масою тістових заготовок, а також параметрами вистоювання, випікання, заморожування та пакування продукції. Спільно з відділом головного механіка здійснюється вибірковий контроль роботи дозувального обладнання.

Контроль відповідності готової продукції вимогам стандартів та технологічних умов здійснюється за допомогою комплексу об'єктивних методів аналізу, які впроваджуються працівниками технологічної лабораторії у щоденну виробничу практику. Контроль якості на підприємстві охоплює всі етапи виробництва — від перевірки вхідної сировини до аналізу готової продукції. Такий комплексний підхід дозволяє своєчасно виявляти відхилення, забезпечуючи стабільну якість продукції та дотримання вимог нормативної документації.

Контроль сировини розпочинається з кожної партії борошна. Перевіряються органолептичні показники: колір, запах, смак, наявність сторонніх включень чи хрускоту. Для визначення вологості застосовується прискорений метод висушування. Дріжджі хлібопекарські пресовані також підлягають контролю кожної партії. Оцінюються їх консистенція та підймальна сила, що визначається за тривалістю підйому тіста у формі або за часом спливання кульки тіста у воді.

Розчини цукру та солі перевіряють у чанах перед використанням. Основним показником є густина, яку визначають ареометричним методом.

На етапі приготування опари після замішування проводиться вимірювання температури та вологості. Температура вимірюється термометром, а вологість — експресним методом.

У кінці процесу бродіння тіста проводиться комплексна оцінка, яка включає визначення кислотності, вмісту спирту, оцінку бродильної активності

та тривалості бродіння. Окрім цього, здійснюється органолептична оцінка, фіксується температура та вологість тіста. Кислотність визначається титруванням бовтанки розчином натрію гідроксиду.

На етапі вистоювання контролюються температура, тривалість процесу та рівень відносної вологості у камері вистоювання.

Готова продукція проходить остаточний контроль кожної партії. Визначаються вологість (прискореним методом висушування), кислотність (титруванням водної витяжки), а також пористість м'якушки, яку вимірюють за допомогою приладу Журавльова.

Такий системний підхід до контролю якості дозволяє оперативно виявляти та усувати відхилення на кожному етапі виробництва, забезпечуючи високу якість хлібобулочних виробів.

5.2. Метрологічне забезпечення

Метрологічне забезпечення є невід'ємною складовою інтегрованої системи управління якістю на хлібопекарських підприємствах, оскільки гарантує точність, достовірність і стабільність результатів усіх вимірювань, які виконуються в ході виробничого процесу. Правильність цих вимірювань безпосередньо впливає на відповідність готової продукції вимогам чинних стандартів, технічних умов та рецептурних параметрів.

Сутність метрологічного забезпечення полягає у впровадженні та дотриманні комплексу організаційних, технічних та нормативно-правових заходів, спрямованих на забезпечення єдності і точності вимірювань. Основними завданнями метрологічної служби є: контроль відповідності вимірювального обладнання встановленим технічним і метрологічним вимогам; забезпечення своєчасної повірки, калібрування, ремонту та технічного обслуговування засобів вимірювальної техніки; впровадження методик вимірювань, які гарантують відтворюваність і порівнюваність результатів.

На практиці метрологічне забезпечення охоплює весь технологічний цикл — від контролю сировини на вході до моніторингу параметрів напівфабрикатів і готової продукції. Особливої уваги потребує точність таких показників, як

вологість, температура, кислотність, густина, маса та об'єм. Ці величини мають прямий вплив на якість кінцевого продукту, його органолептичні характеристики, термін зберігання і харчову безпеку.

Наприклад, вологість борошна чи напівфабрикатів контролюється з точністю до десятих частин відсотка, оскільки відхилення навіть на кілька одиниць можуть змінити консистенцію тіста. Точне дотримання температурного режиму бродіння й випікання є критично важливим для активності дріжджів, формування пористості м'якушки та колірних характеристик скоринки. Аналогічно, контроль кислотності дозволяє своєчасно коригувати мікробіологічні процеси та забезпечити відповідність санітарним нормам.

Засоби вимірювань, що використовуються у виробничому процесі (термометри, вологоміри, рН-метри, ваги тощо), повинні бути внесені до державного реєстру, мати чинний сертифікат повірки та відповідати встановленим межам похибки. Перевірка метрологічної справності обладнання виконується згідно з графіками, затвердженими службою головного метролога підприємства або відповідальною посадовою особою. У разі виявлення відхилень від нормативів проводиться технічне обслуговування або заміна приладу.

Особливу увагу приділяють веденню документації — журналів контролю, актів перевірок, протоколів повірок тощо. Це дозволяє забезпечити простежуваність усіх змін, прийнятих рішень і за потреби — провести аналіз відхилень у технології. Наявність такої документації є також обов'язковою вимогою при аудитах систем управління якістю відповідно до стандартів ISO 9001 або HACCP.

Таким чином, ефективне метрологічне забезпечення є запорукою не лише стабільної якості хлібобулочної продукції, а й конкурентоспроможності підприємства в умовах ринкової економіки. Саме завдяки системному підходу до організації вимірювань вдається забезпечити відтворюваність результатів, підвищити точність рецептурного дозування, попередити технологічні

відхилення та зменшити втрати, пов'язані з браком або нестабільністю продукції.

РОЗДІЛ 6. СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ

За результатами сучасних екологічних досліджень встановлено, що темпи використання природних ресурсів людством перевищують здатність екосистем до самовідновлення майже вдвічі. Хлібопекарська промисловість, як одна з галузей харчової індустрії, також чинить негативний вплив на навколишнє середовище через утворення виробничих відходів, забруднення атмосферного повітря, води та ґрунтів.

У відповідь на глобальні екологічні виклики Україна впроваджує системний підхід до охорони довкілля, зокрема через прийняття Закону України «Про основні засади державної екологічної політики України на період до 2030 року». Одним із ключових напрямів у цьому законодавстві є запровадження міжнародних стандартів екологічного менеджменту на підприємствах. Це дозволить налагодити ефективну систему управління впливом виробничої діяльності на навколишнє природне середовище та забезпечить дотримання міжнародних природоохоронних зобов'язань.

Кожне підприємство зобов'язане сформулювати та впровадити власну екологічну політику, яка має бути основою функціонування екологічного управління. Такий підхід дозволяє системно планувати досягнення реалістичних цілей у сфері охорони довкілля та поступово наближатися до їх реалізації в обумовлені терміни.

Відповідальність за охорону навколишнього середовища на підприємстві покладається на спеціалізовану службу, до складу якої входять інженер-еколог, головний енергетик і головний механік. Розподіл обов'язків здійснюється наступним чином: головний енергетик відповідає за контроль та мінімізацію викидів в атмосферу, а головний механік — за очищення стічних вод і стан водопостачання.

Атмосферне повітря в зоні діяльності хлібопекарських підприємств зазнає забруднення внаслідок викидів продуктів згоряння, що утворюються в процесі роботи печей та парових котлів. Основними забруднювачами є оксиди азоту та вуглецю. Окрім цього, значна частка летких сполук (етанол, діоксид вуглецю,

оцтовий альдегід, органічні кислоти тощо) виділяється під час бродіння тістових заготовок (опар, заквасок, тіста).

Ще одним джерелом забруднення є пилове навантаження, зумовлене обробкою борошна та інших сипучих інгредієнтів. Для зменшення запиленості повітря у виробничих приміщеннях доцільно встановлювати витяжну та припливно-витяжну вентиляцію, а також оснащувати борошняні силоси циклонами та фільтрами. Забруднене повітря вловлюється та очищується завдяки спеціалізованим вентиляційним системам.

Для розсіювання викидів продуктів згоряння доцільно використовувати високі димові труби (25–70 м), які сприяють більш ефективному розсіюванню шкідливих речовин у атмосферному повітрі. Додатковим заходом покращення екологічного стану навколишнього середовища є озеленення території підприємства. З цією метою висаджують дерева та кущі, які ефективно фільтрують повітря.

Рекомендованими рослинами є тополя, ялина та інші породи, що мають високу пилозахисну здатність.

Таким чином, формування та впровадження системи екологічного управління на підприємстві є важливою складовою його сталого розвитку та відповідає вимогам сучасного природоохоронного законодавства. Процеси забруднення навколишнього середовища, зокрема атмосферного повітря, потребують постійного моніторингу та регламентації. Для оцінки рівня забруднення використовуються встановлені нормативи — зокрема, гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднювальних речовин в атмосферному повітрі та гранично допустимі викиди (ГДВ), які розраховуються для кожного підприємства окремо. Їх перевищення може призвести до суттєвого погіршення екологічної ситуації у регіоні.

Водопостачання хлібопекарського підприємства здійснюється із центральної міської мережі, тоді як відведення стічних вод — у систему міської каналізації. Основними джерелами забруднення вод на підприємстві є органічні речовини, що потрапляють у стоки після миття бродильного обладнання. До

них належать органічні кислоти, спирти, азотисті сполуки, жири, а також мікроорганізми, які потрапляють у воду з поверхонь підлоги, стін та технологічного обладнання.

Перед скиданням у каналізацію стічні води проходять первинне очищення механічним способом — через сита, які затримують великі нерозчинні частки. Такий метод дозволяє зменшити навантаження на міську систему водоочистки.

Особливу увагу слід приділяти побутовим стокам із санітарно-побутових приміщень підприємства, оскільки вони можуть містити патогенні мікроорганізми. З метою профілактики інфекційних ризиків здійснюється регулярна дезінфекція приміщень, що дозволяє ефективно знешкоджувати біологічні забруднювачі.

Забруднення ґрунтів відбувається переважно внаслідок неправильного поводження з промисловими та побутовими відходами — як рідкими, так і твердими. До потенційно небезпечних речовин належать нафтопродукти (мазут, мастила), технічне сміття, а також токсичні залишки, які можуть осідати з повітря чи потрапляти з водою. Для запобігання деградації ґрунтів підприємство повинно організувати централізовану систему збору, знешкодження і вивезення відходів на спеціалізовані підприємства.

До джерел забруднення також належать побутові та експлуатаційні відходи, зокрема відпрацьовані люмінесцентні лампи, металобрухт, будівельне сміття тощо. Вони потребують належного збору, маркування, зберігання і подальшої утилізації згідно з екологічними вимогами.

Контроль за дотриманням екологічного законодавства в Україні здійснюється Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України. До його функцій належать перевірка джерел викидів у повітря, контроль за якістю скидів у водне середовище, відповідність ГДК і ГДВ, а також моніторинг стану ґрунтів.

Таким чином, дотримання екологічних вимог є не лише юридичним обов'язком, а й умовою відповідального ставлення до навколишнього

середовища, що забезпечує сталий розвиток підприємства. Кожне підприємство зобов'язане самостійно формувати власну систему охорони праці, спираючись на чинне законодавство України. Основу для розробки цієї системи становлять положення Конституції України, Кодексу законів про працю, а також відповідні нормативно-правові акти та підзаконні документи, що регламентують безпечні умови праці.

Забезпечення охорони праці покладається на відповідну службу, яка створюється безпосередньо на підприємстві. За організацію цієї служби відповідає керівник підприємства, який зобов'язаний видати відповідний наказ, затвердити штатну структуру та призначити відповідальних осіб, які в подальшому здійснюватимуть координацію і реалізацію заходів з охорони праці.

На посаду керівника служби охорони праці призначається фахівець, що має вищу технічну освіту та відповідний досвід роботи у сфері безпеки праці. Його функціональні обов'язки, а також рівень оплати праці визначаються відповідно до діючого законодавства і прирівнюються до посад керівників основних виробничих підрозділів.

Розробка та реалізація заходів з охорони праці здійснюється на основі щорічного плану, який затверджується адміністрацією підприємства спільно зі службою охорони праці. Фінансування заходів здійснюється за рахунок спеціального фонду охорони праці, що створюється на підприємстві. У разі недостатнього фінансування з боку фонду, питання про додаткове фінансове забезпечення вирішується на загальних зборах трудового колективу. За рішенням зборів допускається поповнення фонду за рахунок частини прибутку підприємства або шляхом перерозподілу коштів з поточних рахунків виробничих підрозділів.

Таким чином, система охорони праці на підприємстві повинна мати чітку організаційну структуру, нормативну базу та фінансове забезпечення, що дає змогу ефективно реалізовувати заходи з профілактики виробничого травматизму, збереження життя та здоров'я працівників.

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу наукових джерел встановлено, що надмірне вживання легко засвоюваних цукрів, зокрема цукру білого кристалічного, спричиняє порушення обміну речовин і є одним із чинників розвитку цукрового діабету. Одним із найефективніших методів профілактики цих патологій є дієтотерапія, що передбачає зниження глікемічного навантаження продуктів харчування. В Україні для цієї мети використовують переважно сорбітол і ксилітол. У міжнародній практиці перспективним вважається застосування фруктози.
2. Враховуючи щоденне споживання хлібобулочних виробів, актуальним є розроблення нових продуктів із фруктозою як альтернативним підсолоджувачем. Встановлено, що додавання 6 % фруктози до рецептури тіста призводить до незначного зниження підйімальної сили дріжджів — приблизно на 6 % у порівнянні з еквівалентним дозуванням сахарози. Було також виявлено, що зразки тіста з фруктозою характеризуються дещо меншою кількістю відмитої сирової клейковини, проте мають вищу розтяжність клейковинного каркасу (на 6 %), що позитивно впливає на еластичність м'якушки. За 3 години бродіння розпливання тіста з фруктозою майже не відрізнялося від контрольного зразка.
3. Згідно з органолептичною оцінкою, вироби з додаванням фруктози за смаковими характеристиками не поступалися виробам на основі цукру білого кристалічного. Булочки мали більш насичене забарвлення скоринки і виразніший солодкий смак при дозуванні фруктози на рівні 6 %. За показниками питомого об'єму та формостійкості вироби з фруктозою дещо поступалися контрольним зразкам (на 1,5–5,0 %), але за структурою пористості й консистенцією м'якушки вони були подібними.

4. Застосування 6 % фруктози у рецептурі надало готовим виробам не лише привабливі органолептичні властивості (інтенсивний солодкий смак, темніше забарвлення скоринки), а й дозволило надати їм функціонального призначення. Тому раціональним є використання фруктози у зазначеному дозуванні для виготовлення хлібобулочних виробів дієтичного та профілактичного спрямування.
5. При порівнянні способів приготування тіста встановлено, що опарний спосіб забезпечує кращі технологічні показники. Питома об'ємна маса виробів, отриманих за опарною схемою, перевищувала відповідний показник для безопарного способу на 8–10 %. Водночас, органолептична якість виробів, приготованих безопарним способом, також залишалася на високому рівні: булочки мали гладку, добре забарвлену поверхню та еластичну м'якушку. Таким чином, обидва способи можуть бути використані у виробництві, проте опарний забезпечує дещо вищу якість.
6. За результатами дослідження було розроблено оптимізовану рецептуру булочки «З фруктозою» та складено апаратурно-технологічну схему виробництва цього виробу, що дозволяє забезпечити його стабільну якість та оздоровчу цінність у рамках промислового виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Денисова, Н. Н., & Соя, П. В. (2017). Вплив цукрозамінників на технологію та якість хлібобулочних виробів. *Комплексное обеспечение качества технологических процессов и систем* (pp. 42-43).
2. Дорохович, В. В. (2021). Перспективи розроблення органічних борошняних кондитерських виробів спеціального призначення.
3. Дорохович, А. М. (2017). Цукри, цукрозамінники, підсолоджувачі та їх використання при виробництві кондитерських виробів.
4. Дробот, В. І., Бондаренко, Ю. В., Місечко, Н. О., Сєдих, О. Л., & Білик, О. А. (2017). Хлібобулочні вироби для хворих на цукровий діабет, збагачені фізіологічно-функціональними інгредієнтами.
5. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. Довідник : навч. посіб. / 2-е вид., перероб. і допов. Київ, 2019. 580 с
6. Дробот, В. І. Інноваційні технології оздоровлення асортименту хлібобулочних виробів. *в рамках міжнародних виставок «INPRODMASH&УПАКОВКА»«SWEETS UKRAINE»«BAKERY UKRAINE»*, 12.
7. Дробот, В.І. Технологія хлібопекарського виробництва: Підруч. / В. І. Дробот. — К.: Логос, 2002. — 365 с.
8. ДСТУ 4812:2007 Дріжджі хлібопекарські пресовані. Технічні умови.
9. ДСТУ 3583:2015 Сіль кухонна харчова. Загальні технічні умови.
10. ДСТУ 4623:2006 Цукор білий. Технічні умови.
11. Іваненко, Ю. О., Калмиков, С. А., & Калмикова, Ю. С. (2020). Основні підходи до немедикаментозного та відновного лікування хворих на цукровий діабет 2 типу. *Фізична реабілітація та рекреаційно-оздоровчі технології*, 5(1), 19-25.
12. Ковтун, О. П. (2020). Використання цукрозамінників і підсолоджувачів при виробництві харчових продуктів. *Підвищення ефективності діяльності підприємств харчової та переробної галузей АПК*, 49.

13. Кохан, О., Онофрійчук, О., & Ткаченко, С. (2018). Дослідження впливу фруктози і глюкози на технологічні операції виробництва неглазурованих помадних цукерок. *Продовольчі ресурси*, 6(11), 93-102.
14. Книш, О. В., & Мартинов, А. В. Вплив безклітинних супернатантів *bifidobacterium bifidum*, аскорбінової кислоти, фруктози, сорбіту, ксиліту та стевії на приріст біомаси умовно-патогенних мікроорганізмів.
15. Марковська, Г. Розробка технології і рецептури хлібобулочних виробів функціонального призначення з використанням нетрадиційної рослинної сировини. *Вісник студентського наукового товариства «ВАТРА» Вінницького торговельно-економічного інституту КНТЕУ. Вінниця: Редакційно-видавничий*, 231.
16. Науменко, О., Полонська, Т., & Гетьман, І. (2021). Функціональні інгредієнти в хлібопеченні. *Продовольчі ресурси*, 9 (16), 135-143.
17. Олабоді, О. В. (2019). Цукропродукти і цукрозамінники в харчовій промисловості. Вітчизняний та світовий досвід.
18. Сахно, А. М. Переваги та недоліки цукру та його замінників. *Вісник студентського наукового товариства «ВАТРА» Вінницького торговельно-економічного інституту КНТЕУ. Вінниця: Редакційно-видавничий*, 301.
19. Тарасенко, Д. І. (2018). Удосконалення асортименту хлібобулочних виробів на українському ринку. *Вісник студентського наукового товариства "Ватра"*, (98), 110-119.
20. Чернявська, І. В., Скрипник, Н. В., Боцюрко, В. І., & Дідушко, О. М. (2017). ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ-ЕПІДЕМІЯ ХХІ СТОЛІТТЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ). *Art of medicine*, 95-98.
21. Щеголь, І. М. (2019). Цукровий діабет. ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені ІЯ Горбачевського МОЗ України.
22. Evert, A. B., Dennison, M., Gardner, C. D., Garvey, W. T., Lau, K. H. K., MacLeod, J., ... & Yancy Jr, W. S. (2019). Nutrition therapy for adults with diabetes or prediabetes: a consensus report. *Diabetes care*, 42(5), 731-754.

23. Sami, W., Ansari, T., Butt, N. S., & Ab Hamid, M. R. (2017). Effect of diet on type 2 diabetes mellitus: A review. *International journal of health sciences*, 11(2), 65.
24. Shen, Y., Chen, G., & Li, Y. (2018). Bread characteristics and antioxidant activities of Maillard reaction products of white pan bread containing various sugars. *LWT*, 95, 308-315. ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»
25. Дробот, В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва [Текст] : навч. посіб. для студентів закл. вищої освіти / В. І. Дробот. - Київ : ПрофКнига, 2019. 579 с.
26. Дробот, В.І. Технологія хлібопекарського виробництва: Підруч. / В. І. Дробот. К.: Логос, 2002. 365 с.
27. ДСТУ 7517:2014 Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови
28. ДСТУ 4583:2006 Хліб із житнього і суміші житнього і пшеничного борошна. Загальні технічні умови.
29. ДСТУ 8791:2018 Борошно житнє хлібопекарське. Технічні умови.
30. ГСТУ 46.004-99 Борошно пшеничне. Технічні умови.
31. ДСТУ 4812:2007 Дріжджі хлібопекарські пресовані. Технічні умови.
32. ДСТУ 3583:2015 Сіль кухонна харчова. Загальні технічні умови
33. ДСТУ 4623:2006 Цукор білий. Технічні умови.
34. ДБН В 2.5–28–2006 «Природне і штучне освітлення»
35. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»
36. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва: Навч. посіб. / В. І. Дробот, Л. Ю. Арсенєва, О. А. Білик та ін.; Ред. В.І. Дробот. К. : Центр навч. літ-ри, 2006. 341 с.