

Наукове обґрунтування використання харчових волокон у технології печива функціонального призначення

Валерія Желєзна

Кафедра харчових технологій, Уманський національний університет, Умань, Україна

ORCID: 0000-0002-1874-2155

Анотація: Зростання інтересу споживачів до здорового харчування сприяє активному розвитку сегмента продуктів функціонального призначення, серед яких особливо виділяються борошняні кондитерські вироби з підвищеним вмістом харчових волокон. Харчові волокна є незамінним компонентом раціону людини, що не засвоюється у верхніх відділах травного тракту, проте виконує важливі фізіологічні функції: нормалізує роботу кишківника, сприяє зниженню рівня глюкози та холестерину в крові, зменшує ризик розвитку ожиріння, діабету II типу, серцево-судинних захворювань. Світові дослідження доводять, що споживання клітковини в більшості країн не відповідає рекомендованим нормам, тому розроблення харчових продуктів з підвищеним вмістом волокон є актуальним завданням сучасної харчової науки. В статті узагальнено сучасні наукові дані щодо доцільності та технологічних аспектів застосування харчових волокон у виробництві печива функціонального призначення. Розглянуто різні види рослинних волокон – пшеничні, вівсяні та житні висівки, інулін із топінамбура та цикорію, пектиновмісні інгредієнти, целюлозу харчову та комбіновані волокнисті концентрати. Охарактеризовано їх фізико-хімічні властивості, вплив на формування структури тіста та готового виробу, водо- та жиророзв'язувальну здатність, а також роль у зменшенні калорійності рецептур. У статті проаналізовано закономірності, встановлені науковцями щодо впливу концентрації волокон на якісні показники печива: об'єм, хрусткість, щільність, колір, органолептичні властивості. Зокрема, встановлено, що оптимальне додавання харчових волокон у межах 5–15% до маси борошна дозволяє підвищити харчову цінність виробу майже без погіршення структурних характеристик. Зроблено висновок, що наукове обґрунтування використання харчових волокон у технології печива полягає у пошуку балансу між харчовою цінністю та сенсорними властивостями. Використання волокон дає можливість створювати продукти з профілактичним ефектом, які відповідають сучасним вимогам до здорового харчування та можуть бути рекомендовані для широких груп населення, включаючи осіб із надмірною масою тіла або порушенням вуглеводного обміну. Результати огляду літератури підтверджують перспективність подальших досліджень у напрямі розроблення рецептур печива функціонального призначення з використанням різних видів харчових волокон і комбінованих інгредієнтів.

Ключові слова: харчові волокна, клітковина, функціональне печиво, харчова цінність, рецептура, технологія виробництва.

1. Вступ

Раціон сучасної людини часто характеризується дефіцитом харчових волокон, що є однією з ключових проблем харчування у глобальному масштабі. За рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), добова норма споживання харчових волокон становить 25–35 г для дорослої людини [1]. Проте фактичні показники значно нижчі: у країнах Європи середній рівень споживання становить 18–22 г/добу, у США – 16–18 г/добу, а в країнах із високою часткою рафінованих продуктів – менше 15 г/добу [2]. Недостатність споживання клітковини отримала назву fiber gap («дефіцит харчових волокон») і офіційно розглядається як фактор ризику розвитку неінфекційних захворювань [3].

Сучасні глобальні тенденції розвитку харчової промисловості чітко демонструють зміщення акцентів від традиційних продуктів до функціональних, призначених не лише для забезпечення енергетичних потреб організму, але й для профілактики захворювань та корекції харчового статусу споживачів [4]. Зростання інформованості населення про роль харчування у збереженні здоров'я викликало підвищений інтерес до продуктів зі зниженим глікемічним навантаженням, оптимальним співвідношенням нутрієнтів, вмістом харчових волокон, пробіотиків, антиоксидантів та інших біологічно активних речовин [4, 5]. За даними Європейської асоціації харчової промисловості, сегмент продукції функціонального призначення є найбільш динамічним у секторі харчових технологій та демонструє щорічне зростання на 8–12% залежно від регіону [6].

Наукові дослідження підтверджують, що збільшення споживання клітковини позитивно впливає на метаболічне здоров'я: знижує ризик розвитку раку товстої кишки, ішемічної хвороби серця, регулює рівень глюкози в крові та сприяє нормалізації мікробіоти кишківника, що має ключове значення для імунної системи та загального гомеостазу організму [7]. Крім того, харчові волокна здатні підвищувати відчуття ситості, тим самим зменшуючи загальне споживання енергії, що робить їх важливим інструментом у профілактиці ожиріння [3,7].

Зважаючи на сформовані харчові звички населення, особливо в умовах урбанізованого способу життя, коли переважає споживання продуктів швидкого приготування та кондитерських виробів, доцільним є створення звичних продуктів із функціональною спрямованістю. Одним із найбільш перспективних носіїв харчових волокон є печиво. Цей продукт належить до найбільш популярних кондитерських виробів і характеризується високим рівнем споживання серед різних вікових груп – від дітей до людей похилого віку. Така універсальність робить печиво зручною та ефективною матрицею для збагачення дієти клітковиною [8].

Проте традиційне печиво характеризується високою часткою рафінованого борошна, жиру та цукру, і майже повністю позбавлене харчових волокон. Введення до рецептури клітковини є ефективним засобом для модифікації харчової цінності печива: зниження калорійності, зменшення глікемічного індексу, заміни частини цукру та жиру, а також підвищення відчуття ситості після вживання [9].

Таким чином, наукове обґрунтування використання харчових волокон у технології печива функціонального призначення є актуальною проблемою харчової науки, що має теоретичне та практичне значення. Воно направлене на оптимізацію рецептури печива, створення продукту з профілактичними властивостями та забезпечення споживчих очікувань.

2. Об'єкт і предмет дослідження

Об'єкт дослідження – процес розробки та виробництва борошняних кондитерських виробів, зокрема печива, з підвищеним вмістом харчових волокон.

Предмет дослідження – наукові підходи, теоретичні та практичні аспекти використання харчових волокон різного походження (злакових, фруктових, овочевих, мікробних) у технології печива функціонального призначення, їх вплив на фізико-хімічні, органолептичні та харчові характеристики готових виробів.

3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – науково обґрунтувати доцільність використання харчових волокон у технології печива функціонального призначення, узагальнити сучасні літературні дані щодо їхнього впливу на харчову та біологічну цінність, фізико-хімічні та органолептичні властивості готових виробів, а також окреслити перспективи розвитку даного напрямку у харчовій промисловості.

Завдання дослідження полягають у вивченні основних джерел харчових волокон та їхній потенціал використання у виробництві печива. Визначити перспективні напрями

подальших досліджень і впровадження у виробництво печива функціонального призначення в умовах сучасних тенденцій здорового харчування.

4. Аналіз літератури

Харчові волокна сьогодні посідають важливе місце у створенні функціональних харчових продуктів, які не лише задовольняють потреби організму в енергії, але й позитивно впливають на здоров'я людини.

Під терміном харчові волокна зазвичай розуміють рослинні полісахариди та лігнін, які не піддаються гідролізу ферментами травного тракту людини. Це означає, що вони не розщеплюються і не засвоюються у шлунково-кишковому тракті, проте виконують низку важливих фізіологічних функцій [10].

Однією з ключових властивостей харчових волокон є їх здатність адсорбувати значну кількість жовчних кислот, токсичних сполук, метаболітів та надлишкових електролітів, завдяки чому волокна сприяють виведенню шкідливих речовин із організму. Крім того, завдяки своїм іонообмінним характеристикам вони можуть зв'язувати іони важких металів і радіонукліди, що особливо важливо для підтримання детоксикаційної функції організму в умовах екологічного навантаження [11].

Використання харчових волокон у технології харчових продуктів дає можливість покращити їхню біологічну цінність і водночас впливати на технологічні властивості сировини – зокрема, консистенцію, вологозв'язувальну здатність, термостійкість і термін зберігання. Саме тому волокна активно застосовують у розробці нових фізіологічно функціональних продуктів, які мають не лише поживну, а й профілактичну дію.

Розробка таких продуктів вимагає вирішення комплексу технологічних завдань, серед яких – вибір оптимальної форми волокон (розчинних чи нерозчинних), визначення їхньої кількості у рецептурі та збереження споживчих властивостей готового виробу [12].

Нерозчинні харчові волокна – переважно целюлоза, геміцелюлози та лігнін – широко застосовуються у борошняних кондитерських виробках. Їх додавання дозволяє знизити калорійність і глікемічний індекс продуктів, підвищити вміст харчових речовин і покращити роботу кишківника споживачів. Однак введення таких компонентів у рецептуру впливає на структурно-механічні властивості тіста, змінюючи його реологію, вологозв'язування та формування клейковинного каркаса. Ці зміни пов'язані з взаємодією волокон із білковими компонентами борошна, що може вимагати адаптації технологічних режимів і співвідношення інгредієнтів [13].

Попри значну кількість наукових робіт, присвячених харчовим волокнам та функціональним продуктам, існуючі дослідження не дають універсальних рекомендацій щодо формування рецептур печива з додаванням волокон різного типу. Більшість робіт спрямована на вивчення окремих інгредієнтів, але майже відсутні комплексні підходи щодо поєднання різних видів клітковини, врахування реології тіста, зміни кольору та органолептичної привабливості кінцевого продукту [10]. Крім того, в сучасній літературі недостатньо даних стосовно впливу волокон на такі показники як щільність готового виробу, структурно-механічні властивості та інтенсивність реакцій меланоїдиноутворення під час випікання [2].

Проблематика також полягає у відсутності стандартизованих підходів до визначення кількості харчових волокон у кінцевому продукті. У різних країнах діють різні стандарти щодо мінімального вмісту волокон, який дає можливість маркувати продукт як “джерело харчових волокон”. Наприклад, у ЄС мінімальний вміст становить 3 г/100 г продукту, тоді як позначення “високий вміст харчових волокон” можливе при ≥ 6 г/100 г. У США вимоги більш гнучкі та залежать від типу продукту та категорії харчової цінності [14]. Відсутність єдиного глобального регламенту ускладнює порівняння результатів різних досліджень та створення гармонізованих технологічних рішень.

Наукові джерела вказують, що харчові волокна здатні позитивно впливати на структурно-механічні властивості тіста, зокрема водоутримувальну здатність, в'язкість, формування пористості та хрусткість виробів [15]. Проте надмірне введення клітковини може викликати небажані зміни – надмірну щільність, темніший колір, крихкість, зниження сенсорної привабливості або порушення пластичності тіста [14]. Це означає, що баланс між харчовою цінністю та споживчими властивостями печива потребує наукового обґрунтування.

Печиво – один із найбільш масових продуктів у світі, який споживають незалежно від віку, рівня доходів, харчових звичок чи культурних відмінностей. За даними міжнародної аналітичної компанії Global Confectionery Market Research, світове споживання печива перевищує 35 млн тонн на рік, а ринок демонструє стабільне зростання [11].

Використання печива як функціонального продукту дозволяє не лише підвищити поживну цінність щоденного раціону, але й сприяє формуванню більш здорових харчових звичок у суспільстві без необхідності суттєвих змін у гастрономічних уподобаннях споживачів. Це відкриває широкі перспективи для розробки нових рецептур, орієнтованих на профілактику захворювань та підтримку загального здоров'я населення.

Одним із найперспективніших напрямів функціонального харчування є збагачення рецептури продуктів харчовими волокнами. Харчові волокна – це група структурних компонентів рослинної клітини, до складу яких входять целюлоза, геміцелюлоза, лігнін, пектинові речовини, інулін, β -глюкани та інші неуглеводні полімери [4]. Вони характеризуються стійкістю до перетравлення у верхніх відділах травного тракту і є субстратом для корисної мікрофлори кишківника. Наукові дослідження підтверджують, що регулярне споживання харчових волокон нормалізує роботу шлунково-кишкового тракту, знижує рівень холестерину, бере участь у регуляції рівня глюкози в крові та зменшує ризик розвитку ожиріння й цукрового діабету II типу [5–7].

У зв'язку з цим виникає потреба в розробленні доступних харчових продуктів, які сприятимуть підвищенню споживання харчових волокон. Особливий інтерес становлять борошняні кондитерські вироби, зокрема печиво.

З огляду на те, що попит на функціональні кондитерські вироби постійно зростає, особливо серед споживачів, які активно контролюють раціон, масу тіла або мають порушення вуглеводного обміну, створення печива з підвищеним вмістом клітковини є актуальним завданням як для науки, так і для виробників харчової промисловості [16]. За даними міжнародних маркетингових організацій, сегмент продуктів із високим вмістом волокон демонструє найвищі темпи зростання серед товарів категорії "здорове харчування", а очікуваний середньорічний приріст становить 9–12% до 2030 року [17]. Це підтверджує економічну перспективність впровадження таких технологій.

Крім користі для здоров'я, продукти з клітковиною відповідають концепції стійкого виробництва, оскільки висівки та побічні продукти зернопереробки можуть бути використані як цінна сировина, замість утилізації або використання виключно як кормів. Такий підхід підтримує принципи циркулярної економіки, що є одним із ключових стратегічних пріоритетів Європейського Союзу у сфері харчової промисловості [18].

У дослідженнях підтверджено, що застосування порошків злаків у хлібобулочних виробках дозволяє знизити калорійність виробів на 15–30%, підвищити пористість, створити легшу текстуру та забезпечити рівномірний розподіл волокон [19]. Це є важливим для печива, структура якого формується переважно за рахунок жиру та цукру, а не глютенowego каркасу, як у хлібі. Таким чином, введення порошків злаків може поліпшити не лише харчову цінність, а й текстурні характеристики продукту.

Сучасні технології виробництва печива передбачають застосування науково обґрунтованих методів аналізу структури та якості виробів. Найчастіше використовують вимірювання показників кольору, сенсорний аналіз, визначення масової частки вологи, кислотності, вмісту клітковини та показників крихкості [20]. Важливо, що характер змін цих показників дозволяє оцінити оптимальність рецептури та визначити кількість функціональних інгредієнтів, яку можна додати без погіршення сенсорних властивостей.

Таким чином, використання харчових волокон у складі хлібобулочних виробів і загалом у харчовій промисловості має подвійний ефект – забезпечує підвищення функціональної цінності продуктів та удосконалення їх технологічних характеристик, що відповідає сучасним тенденціям здорового харчування.

5. Методи досліджень

У даній статті використано комплексний підхід до аналізу сучасних наукових джерел щодо застосування харчових волокон у технології печива функціонального призначення. Основними методами дослідження стали систематизація та критичний аналіз літературних даних, порівняльний та контент-аналіз публікацій, а також узагальнення отриманих результатів для формування висновків щодо технологічних і функціональних аспектів використання харчових волокон.

6. Результати досліджень

Останніми роками запропоновано й упроваджено у виробництво широкий спектр нових видів нетрадиційної сировини для виготовлення печива. Функціональну спрямованість виробів забезпечує включення до складу борошняних композитних сумішей екструдованих продуктів (гречки, рису, соєвого борошна), порошкоподібних напівфабрикатів (патоки, абрикосових, журавлинних і горбинових порошоків), а також порошоків лікарської рослинної сировини – цикорію, шипшини, кропиви тощо [21].

У роботах [22, 23] запропоновано технологію виготовлення здобного печива, в якому 30% маргарину замінено соняшниковою олією. Для стабілізації структури виробу на етапі приготування емульсії використано шрот волоського горіха, який виконує функції не лише емульгатора, а й збагачувального компонента. Додавання шроту позитивно впливає на якісні характеристики здобного печива з соняшниковою олією, сприяє підвищенню його харчової цінності та збільшує вміст харчових волокон у готовому продукті.

У дослідженні [24] розглядалася можливість використання суміші шротів волоського та кедрового горіхів у виробництві здобного печива. Додавки вводилися у кількості 5, 10, 15 та 20% від маси борошна. Встановлено, що використання суміші горіхових шротів у дозуванні до 15% не впливає негативно на органолептичні властивості виробу. Порівняно з контрольним зразком, печиво з додаванням шротів волоського та кедрового горіхів містить у 3,2 та 3,5 рази більше білка відповідно, характеризується нижчим вмістом вуглеводів і є значно збагаченим харчовими волокнами.

У дослідженні [25] запропоновано технологію виготовлення печива із застосуванням суміші шроту з насіння гарбуза та комплексу харчових волокон, отриманих із насіння гарбуза, амаранту й зародків пшениці.

Науковцями [26] розроблено технології виробництва солодів із голозерного вівса та ярої пшениці, які характеризуються високим вмістом біологічно активних речовин і рекомендовані для створення оздоровчих харчових продуктів. З метою наукового обґрунтування технології виготовлення нового асортименту здобного печива, збагаченого функціонально-фізіологічними інгредієнтами, проведено комплекс досліджень щодо визначення хімічного складу, фізико-хімічних і технологічних властивостей нових видів вівсяного та пшеничного борошна, отриманого з пророщеного зерна (солоду).

Значну увагу вчені приділяють також використанню виноградних вичавок у технології печива [27, 28]. Дослідження показали, що антиоксидантні властивості компонентів виноградних порошоків уповільнюють процеси окиснення жирів у виробках, завдяки чому термін зберігання пісочного печива може подовжуватися на 30–80%. Для досліджень застосовували порошки з виноградних вичавок світлих сортів винограду, які додавали у тісто в кількості 5, 10, 15 та 20%. Результати експериментів засвідчили, що зі збільшенням частки

порошку підвищується вміст вологи як у тісті, так і в готовому продукті, що зумовлено високою гігроскопічністю харчових волокон (пектинів і клітковини), здатних утримувати воду під час випікання. Пісочне печиво з додаванням порошків із виноградних кісточок і шкірочок вирізняється приємним смаком, ароматом, привабливим зовнішнім виглядом, розсипчастою структурою та підвищеною харчовою та біологічною цінністю.

На основі різних видів борошна, із застосуванням багатокомпонентних порошкоподібних напівфабрикатів та екструдованих зернових продуктів, були створені борошняні композитні суміші для виготовлення печива лікувально-профілактичного та дієтичного призначення. Такі вироби відзначаються підвищеним вмістом заліза [29].

Як поліфункціональну добавку дослідники запропонували використовувати гідролізоване бурякове пюре, отримане за допомогою ферменту фруктофуранозидази. Його введення сприяє збагаченню печива фруктозою, глюкозою, пектиновими речовинами та мінералами. Крім того, розроблено рецептури печива з додаванням порошку розторопші (5%) і карателки (3–5%). Збільшення концентрації цих добавок понад зазначені межі негативно впливає на зовнішній вигляд, смак і консистенцію виробів [30].

Антоненко А. [31], встановлено, що розроблене печиво біскотті з амарантовим та кунжутним борошном і фісташками має підвищений вміст білків, харчових волокон, вітамінів та мінеральних речовин у порівнянні з традиційною технологією. Експериментально підтверджено оптимальне співвідношення компонентів у рецептурі розробленого борошняного кондитерського виробу. За органолептичними показниками отримане печиво відповідає за якістю встановленим нормам.

Вчені [32] розробили рецептури вівсяного печива з додаванням рослинної сировини, багатої на білок. Отримані вироби відзначалися покращеними фізико-хімічними та органолептичними показниками.

Існують також технології, що передбачають використання цикорієвого порошку, пластівців із зародків пшениці, подрібнених ядер, білкових ізолятів із соняшника, полісолодового екстракту, кунжутного шроту та білкового концентрату з гірчиці [33, 34, 35].

Результати експериментальних досліджень підтвердили ефективність використання вівсяного солодового борошна у виробництві печива. Його застосування сприяє покращенню органолептичних властивостей, підвищенню якості та біологічної цінності готового продукту. Додавання вівсяного солоду до пшеничного борошна у рецептурі здобного печива дозволяє знизити вміст цукру та жиру, що, у свою чергу, зменшує калорійність виробу [36].

Романіка Є., Соколова О. [37] показали, що вівсяне печиво, збагачене кунжутним борошном та соєвим ізолятом, характеризується підвищеною харчовою та біологічною цінністю та повністю відповідає вимогам споживачів.

У роботі [38] показано можливість приготування здобного та цукрового печива з суміші амарантового та пшеничного борошна при співвідношенні 1:1 і 3:5 відповідно. У наступній роботі доведено [39], що додавання повножирового амарантового борошна до складу пшеничного доцільно до 60%, адже якщо кількість більша, то печиво стає твердим, а органолептичні властивості знижуються.

Постнова О. М. та Синдецька Є. О. [40] досліджували можливість застосування кукурудзяного борошна, отриманого з гібрида цукрової кукурудзи з підвищеним умістом цукрів, як збагачувальної добавки у складі кондитерських виробів. Вченими встановлено, що таке борошно сприяє підвищенню поживної цінності продукції, а також дозволяє зменшити кількість цукру та жиру у рецептурі, оскільки саме воно містить їх у підвищеній кількості.

Також розроблено рецептуру італійського печива кантучіні із використанням рисового та кукурудзяного борошна. Така комбінація дозволила отримати виріб зі зниженою калорійністю, покращеними органолептичними властивостями, збалансованим складом і приємною структурою [41].

Доведено, що гречане борошно може бути ефективно використане як основна борошніста сировина у виробництві безглютенового хліба. Додавання гречаної крупи до рецептури забезпечує необхідну структуру виробу без потреби у введенні гідроколідів [42].

Використання гречаного борошна у складі печива також є технологічно та нутрієнтно обґрунтованим, адже традиційне печиво має недостатній вміст корисних речовин, тоді як гречане борошно відзначається високою біологічною цінністю та безглютеновими властивостями. Це робить його перспективним компонентом для створення продуктів, корисних для людей із целиакією. Таким чином, розробка подібних функціональних виробів сприятиме покращенню харчового статусу населення та матиме профілактичне значення щодо низки захворювань [43].

Дослідники [44] з'ясували, що часткова заміна пшеничного борошна на борошно із зеленої гречки у рецептурах здобного печива є доцільною. Оптимальне дозування цієї сировини, яке не погіршує органолептичні властивості готового виробу, становить до 60%. Крім того, встановлено, що введення до рецептури цикорію та керобу сприяє покращенню кольору, смаку й аромату печива. Найвищі органолептичні показники отримано за умови додавання цих компонентів у кількості 5% від загальної маси борошняної суміші.

Проведені дослідження [45] засвідчили, що рослинне пюре характеризується підвищеним вмістом високомолекулярних полісахаридів, зокрема клітковини та пектинових речовин, які здатні виконувати роль функціонально-технологічних інгредієнтів у рецептурах борошняних кондитерських виробів. Завдяки такому складу пюре може не лише покращувати структурно-механічні властивості тіста, а й підвищувати його харчову та біологічну цінність. Окрім того, рослинне пюре є природним джерелом вітамінів, мінеральних елементів і біоактивних сполук, що сприяє формуванню ознак функціональності у готових виробах, зокрема у складі печива.

Отже, використання повного потенціалу рослинних ресурсів відкриває можливості для створення широкого асортименту виробів із новими смаковими характеристиками та функціональними властивостями.

7. Перспективи подальшого розвитку досліджень

Попри значну кількість робіт, присвячених збагаченню печива харчовими волокнами, ця тематика залишається актуальною та відкриває нові наукові горизонти. Передусім перспективними є дослідження, спрямовані на оптимізацію рецептур, які дозволять збалансувати високий вміст клітковини із задовільними органолептичними характеристиками продукту. Важливим напрямом виступає пошук нових нетрадиційних джерел харчових волокон – наприклад, вторинної рослинної сировини (макуха, шкірка фруктів, овочеві залишки, бобові культури), що не лише підвищує харчову цінність готових виробів, але й сприяє раціональному використанню ресурсів та зниженню харчових відходів.

Окремої уваги потребує вивчення біологічної дії збагаченого печива на організм людини. Якщо нині переважають фізико-хімічні та сенсорні дослідження, то наступним кроком має стати проведення клінічних і дієтологічних випробувань, спрямованих на оцінку впливу регулярного споживання такого печива на показники ліпідного профілю, глікемічний індекс, мікробіоту кишечника та інші маркери метаболічного здоров'я.

Не менш перспективним є застосування новітніх технологій обробки сировини (екструзія, ферментація, мікронізація), які можуть поліпшити розчинність, біодоступність та функціональну активність харчових волокон, а також зменшити їхній негативний вплив на текстуру й смак готових виробів.

У майбутньому важливим завданням стане розробка продуктів із цільовою функціональністю, адаптованих до потреб різних категорій споживачів: печиво для дітей із підвищеним вмістом пребіотиків, для осіб із цукровим діабетом – зі зниженим глікемічним індексом, для людей літнього віку – зі збалансованим профілем розчинних і нерозчинних волокон.

Таким чином, подальші дослідження у сфері збагачення печива харчовими волокнами мають багатовекторний характер і можуть суттєво розширити можливості створення функціональних продуктів харчування, які поєднують користь для здоров'я з високою споживчою привабливістю.

8. Висновки

Додавання харчової клітковини у виробництво печива є ефективним і науково обґрунтованим способом підвищення його харчової та біологічної цінності. Збагачення виробів волокнами сприяє формуванню функціональних властивостей продукції, зокрема покращує травлення, нормалізує ліпідний обмін та сприяє профілактиці аліментарних захворювань. Таким чином, печиво може виступати не лише як продукт задоволення, але й як інструмент підтримки здоров'я населення.

Встановлено, що походження харчових волокон (злакові, фруктові, овочеві, мікробні) визначає характер їхнього впливу на технологічні та органолептичні властивості печива. Злакові волокна забезпечують високу структурну стабільність виробу, фруктові та овочеві – збагачують його біоактивними компонентами та надають специфічні відтінки смаку, тоді як мікробні (наприклад, інουλін) здатні виконувати роль пребіотиків, підтримуючи баланс кишкової мікрофлори.

Оптимальна частка клітковини в рецептурі печива становить 5–15%, що дозволяє досягти балансу між функціональною цінністю та споживчими характеристиками. Нижчі рівні не забезпечують достатнього фізіологічного ефекту, тоді як перевищення зазначеного діапазону може негативно впливати на текстуру, колір та смакові властивості виробу, знижуючи його прийнятність для споживачів.

Особливу цінність має використання вітчизняних сировинних ресурсів (зернові культури, плодові та овочеві відходи переробної промисловості), що дозволяє не лише створювати конкурентоспроможні та доступні продукти, але й сприяє розвитку локального аграрного сектору та зменшенню харчових відходів. Це відповідає сучасним принципам циркулярної економіки та сталого розвитку.

Розробка печива функціонального призначення з харчовими волокнами є одним із найбільш перспективних напрямів для української харчової промисловості. Такий підхід відповідає світовим трендам здорового харчування, орієнтованим на зменшення ризиків хронічних захворювань, та відкриває можливості для створення інноваційних продуктів, що поєднують користь і високу споживчу привабливість. Подальші дослідження у цій сфері можуть зосереджуватися на клінічній оцінці ефективності таких виробів, оптимізації технологічних процесів та розробці продуктів із цільовим функціональним призначенням для різних груп населення.

Список літератури:

- 1) Черевко, О.І. (2017). Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення. Харків: ХДУХТ, 591 с.
- 2) Yatsenko, V.M. (2017). Financial-economic and innovative support of entrepreneurship development in the spheres of economy, tourism and hotel-restaurant business. *Agenda Publishing House, Coventry, United Kingdom*, 619 p.
- 3) Brovenko, T. (2018). Food design as the actual direction of the interdisciplinary researches. *Вісник Національної академії керівних кадрів культури і мистецтв: наук. журнал*, 2, 91–94.
- 4) Земліна, Ю.В. (2019). Технологія борошняних страв на основі нетрадиційної сировини. *Вчені записки: науковий журнал ТНУ ім. В.І. Вернадського. Технічні науки*, 30 (69). № 4, 77–82.
- 5) Михайлик, В.С. (2016). Технологія та якість печива зі шротами олійних культур. *Харчова наука і технологія: науково-виробничий журнал*, 1, 72–77.
- 6) Іжевська, О.П., & Маслійчук, О.Б. (2024). Порошок насіння фініків та його перспективна роль для надання хлібобулочним виробам оздоровчого значення. *Матеріали Міжнародної науковопрактичної конференції «Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві» та Міжнародної науковорозвитку кондитерської галузі». Київ*, 56–58.

- 7) Корзун В. Н., & Гаркуша С. Л. (2016). Заходи профілактики та лікування метаболічного синдрому у населення. *Довкілля та здоров'я*, № 1, 9-13.
- 8) Huang, X., Sun, H., Zhang, M., & Song, J. (2022). A comprehensive review of cyber-physical systems: Security issues and challenges. *Future Generation Computer Systems*, 130, 141–157. <https://doi.org/10.1016/j.future.2022.01.00214>
- 9) Pang Z., Guo J., Dey N., & Liu Y. (2023). An integrated digital twin framework for cyber-physical systems. *Journal of Industrial Information Integration*, 32, 100403. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2023.10040315>
- 10) Chandra S., Singh S., & Kumari D. (2015). Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. *Journal of Food Science & Technology*. 52, 3681-3688. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1427-2>
- 11) Овсієнко, С.М., & Науменко, О.В. (2023). Використання нехлібопекарських видів борошна у хлібопеченні. *Продовольчі ресурси*, 11 (20), 99–110.
- 12) Рудавська, Г. Б., Вежлівцева, С. П., & Бузіян, М. І. (2018). Інноваційні інгредієнти для кондитерських виробів фізіологічно-функціонального призначення. *Молодий вчений*, № 5(2), 396-399.
- 13) Бужанська, М. В., & Давидович, О. Я. (2024). Глобальні тренди харчування: переваги, недоліки та вплив на здоров'я. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. *Технічні науки*, 39, 38–48.
- 14) Касабова, К. Р., Самохвалова, О. В., & Олійник, С. Г. (2013). Характеристика нових джерел харчових волокон для збагачення борошняних кондитерських виробів. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, № 6(11), 8-13.
- 15) Shevchenko A., & Drobot, V. (2022). Use of rice flour in wheat bread technology. *EUREKA: Life Sciences*, 6, 44-51.
- 16) Давидович О. Я., & Ощипок І. М. (2021). Удосконалення технології печива пісочного із нетрадиційними добавками. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. *Технічні науки*. Вип. 28. С. 23-29. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vlteu_2021_28_6
- 17) Perez-Escamilla R, & Segurado P, et al. (2020). Effects of Seaweed Powder Addition on Sensory Characteristics and Nutritional Composition of Cookies. *Journal of Food Science*. 85(9), 2916–2923.
- 18) Sady, S.; & Sielicka-Różyńska, M. (2019). Quality assessment of experimental cookies enriched with freeze-dried black chokeberry. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 18, 463-471.
- 19) Dejnaka, A. (2019). Sposoby odżywiania się przez konsumentów – nowe trendy. *Zdrowie i style życia. Wyzwania ekonomiczne i społeczne*. Wrocław: E-Wydawnictwo. Prawnicza i Ekonomiczna Biblioteka Cyfrowa. Wydział Prawa, Administracji i Ekonomii Uniwersytetu Wrocławskiego, 97-111.
- 20) Liubych, V., Novikov, V., Zheliezna, V., Koval, H., Tryhub, O., Belinska, S., Tverdokhlib, O., Honcharuk, Y., Kolibabchuk, T., & Pykalo, S. (2023). Devising a recipe for muffins with pumpkin paste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11 (122)), 38–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276975>.
- 21) Сирохман, І. В., & Лозова, І.В. (2006). Якість і безпечність зерноборошняних продуктів. Центр навчальної літератури, 384 с.
- 22) Shydakova-Kameniuka, E., Novik, A., Zhukov, Y., Matsuk, Y., Zaparenko, A., Babich, P., & Oliinyk, S. (2019). Evaluation of technological properties of waste waters and their effects on the quality of emulsion for a sufficient feed with liquid plastered oils. *Technology and Equipment of Food Production. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(19), 29–34.
- 23) Shydakova-Kameniuka, E., Novik, A., Zhukov, Y., Matsuk, Y., Zaparenko, A., Babich, P., & Oliinyk, S. (2019). Identification of the content of biologically active substances in nut shots. *EUREKA: Life Sciences*, 2, 49–57.
- 24) Новік, Г. В. (2019). Технологія пісочного здобного печива на комбінованій жировій основі з використанням горіхових шротів: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 – Технологія

хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів; наук. кер. Шидакова-Каменюка О. Г. Харків, 297 с.

25) Кравченко, М. Ф., Михайлик, В. С., & Марусяк, Т. М. (2019). Визначення оптимального співвідношення композиційної суміші шротів у технології пісочного печива. *Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв Вісник ХНТУСГ ім. Василенка*, 207, 195–200.

26) Оболкіна, В. І., Волощук, Г. І., Паращенко, Т. С., & Скрипко, А. П. (2011). Інноваційні технології здобного печива із застосуванням вівсяного солодового борошна. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*, 11, 16.

27) Брикова, Т.М. Гревцева, Н.В., & Самохвалова, О.В. (2016). Зміна показників якості пісочного печива з додаванням виноградного порошку під час зберігання. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб.наук. пр. / відпов. ред. О.І. Черевко*. Харків: ХДУХТ, 2 (24), 330–344.

28) Линько, А. О., Хомич, Г. П., & Горобець, О.М. (2018). Удосконалення технології пісочного тіста з використанням виноградної вичавки. *Актуальні питання розвитку економіки, харчових технологій та товарознавства: тези доповідей ХІ Міжнародної наукової студентської конференції*, Полтава: ПУЕТ, 361–363.

29) Пахомова В. І., & Ткаченко А. С. (2015). Вплив нетрадиційної сировини на збереженість жировмісних кондитерських виробів. *Товарознавчий вісник*, 8, 212.

30) Чорна, Т. О., & Тютюник, Д. О. (2011). Поліпшення споживних властивостей і збереженості печива. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*, 1, 200.

31) Антоненко, А., Бровенко, Т., & Василенко, О. (2021). Розроблення технології печива з підвищеною харчовою цінністю. *Таврійський науковий вісник*. Серія: Технічні науки, (3), 55–65. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.3.7>

32) Сюткіна, О. В., Бондар, Н. П., & Корецька, І. Л. (2013). Нові види вівсяного печива підвищеної харчової та біологічної цінності. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*, с. 9–12.

33) Доценко, В.Ф., Олійник, С.В., Кобець, Е.С., & Арпул, О.В. (2017). Досвід використання білокріпкої сировини в технології вівсяного печива. *Науковий погляд у майбутнє*, №6 (02), 64–69.

34) Сирохман, І. В., & Завгородня, В. М. (2009). Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення. Навчальний посібник. Київ: Центр учбової літератури. 544 с.

35) Ткаченко, А. С., & Сирохман, І. В. (2015). Поліпшення споживних властивостей цукрового печива. *Харчова наука і технологія*, № 3, 82–87.

36) Chauhan, A. S. (2016). Physical, textural, and sensory characteristics of wheat and amaranth flour blend cookies. *Cogent Food and Agriculture*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1125773>

37) Романіка, Є., & Соколова, О. (2014). Нове вівсяне печиво «ЯГІДКА». *Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека*, 120–121.

38) Миколенко, С., & Захаренко, А. (2020). Дослідження впливу амарантового та льняного борошна на якість печива. *Технічні науки та технології*, №1 (19), 228–240. DOI: 10.25140/2411-5363-2020-1(19)-228-240

39) Шелудько, В. М. (2021). Використання борошна зернових культур у технології біскотті. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі*. Серія «Технічні науки», 91, №1, 15–20.

40) Постнова, О. М., & Синдецька, Є.О. (2016). Функціонально-технологічні властивості кукурудзяного борошна, як сировини для кондитерських виробів. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*, 179, 232–241.

41) Медведєва, А. О., & Антонюк, І. Ю. (2022). Булочні вироби з гречаним борошном. *Modern scientific research: achievements, innovations and development prospects: proceedings the*

14 th International scientific and practical conference. MDPC Publishing, Berlin, Germany. P. 142–148.

42) Giménez-Bastida, J. A., Piskula, M., & Zieliński, H. (2015). Recent advances in development of gluten-free buckwheat products. *Trends in Food Science & Technology*, 44 (1), 58–65.

43) Yadav, B., Yadav, R., & Yadav, R. (2010). Studies on functional properties and incorporation of buckwheat flour for biscuit making. *International Food Research Journal*, 17, 1067–1076.

44) Городецька І. М., Камбулова Ю. В., Кохан О. О., & Олексієнко Н. В. (2020). Якість здобного печива із застосуванням борошна зеленої гречки, цикорію і керобу. *Харчова промисловість*. 2020. № 28. С. 54-61.

45) Куракін, О., Бишовець, Л., & Крижанівський, А. (2020). Перспективи розширення асортименту борошняних кондитерських виробів функціонального призначення. *Інновації та технології в сфері послуг і харчування*, (2), 82-89. <https://doi.org/10.24025/2708-4949.2.2020.213051>

Scientific justification for the use of dietary fiber in the production of functional cookies

Valieriiia Zheliezna

Department of Food Technologies, Uman National University, Uman, Ukraine

ORCID: 0000-0002-1874-2155

Abstract: The growing consumer interest in healthy nutrition is promoting the active development of the segment of functional food products, among which flour-based confectionery products enriched with dietary fiber stand out in particular. Dietary fiber is an essential component of the human diet that is not digested in the upper gastrointestinal tract, yet performs important physiological functions: it normalizes intestinal activity, helps reduce blood glucose and cholesterol levels, and lowers the risk of obesity, type II diabetes, and cardiovascular diseases. Global studies indicate that dietary fiber intake in most countries does not meet recommended levels; therefore, the development of food products with increased fiber content is a relevant task of modern food science.

This article summarizes current scientific data regarding the feasibility and technological aspects of using dietary fiber in the production of functional biscuits. Various types of plant fibers are considered – wheat, oat, and rye bran; inulin from Jerusalem artichoke and chicory; pectin-containing ingredients; edible cellulose; and combined fiber concentrates. Their physical and chemical properties, influence on the formation of dough and the final product structure, water- and fat-binding capacity, as well as their role in reducing the caloric content of the formulations, are characterized.

The article analyzes the patterns established by researchers concerning the effect of fiber concentration on the quality indicators of biscuits, including volume, crispness, density, color, and sensory characteristics. It has been determined that the optimal addition of dietary fiber within 5–15% of the flour mass allows an increase in the nutritional value of the product with minimal deterioration of structural characteristics.

It is concluded that the scientific justification for the use of dietary fiber in biscuit technology lies in finding a balance between nutritional value and sensory properties. The use of fiber makes it possible to develop products with preventive health effects that meet modern requirements for healthy nutrition and can be recommended for a wide range of consumers, including individuals with excess body weight or impaired carbohydrate metabolism. The literature review results confirm the promising outlook for further research on the development of functional biscuit formulations using different types of dietary fiber and combined ingredients.

Keywords: dietary fiber, cellulose, functional biscuits, nutritional value, formulation, production technology.
