УДК 664.68:664.15
DOI https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2026.1.2.10

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЕЧИВА ЦУКРОВОГО ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЦУКРОЗАМІННИКІВ ТА ПІДСОЛОДЖУВАЧІВ

Дворяк В. А. *– здобувач вищої освіти освітньої програми «Харчові технології»*
Дніпровського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0009-0001-3679-635X

Сова Н. А. *– кандидатка технічних наук, доцентка,*
доцентка кафедри харчових технологій
Дніпровського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-4750-2473

Алієв Е. Б. *– доктор технічних наук, старший дослідник,*
професор кафедри інжинірингу технічних систем
Дніпровського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-4006-8803

Холобцева І. П. *– докторка філософії,*
доцентка кафедри харчових технологій
Дніпровського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-0500-2534

У статті обґрунтовано актуальність розроблення рецептур цукрового печива зі зниженою часткою доданих цукрів шляхом заміни цукрової пудри на цукрозамінники та підсолоджувачі. Метою роботи було розроблення рецептури печива цукрового із заміною пудри цукрової на цукрозамінники та підсолоджувачі. Сформовано п'ять зразків: контрольний (печиво цукрове «До чаю») та чотири дослідні з альтернативними інгредієнтами – із повною заміною цукрової пудри ксилітолом, екстрактом стевії, еритритолом та інуліном з цикорію з урахуванням рекомендацій виробників щодо дозування (ксилітол, еритритол, інулін – 1:1 до цукрової пудри; 1 г екстракту стевії – замість 15 г пудри). Органолептичну оцінку проводили відповідно до вимог ДСТУ 3781:2014, масову частку вологи визначали на вагах-вологомірі Radwag MA 110.R, колір – портативним колориметром Linshang LS173 у системі CIELAB, реологічні властивості – методом текстурного аналізу (подвійний стиск). Усі зразки характеризувалися правильною формою та рівномірним пропіканням, однак у зразку з еритритолом зафіксовано кристалічні включення, що свідчить про обмежену розчинність за обраних режимів. Найкращі органолептичні результати отримали контроль і зразок з інуліном; печиво з екстрактом стевії мало найнижчу оцінку через виражений післясмак. Колориметрія показала суттєвий вплив замінників на світлоту: найтемнішим був зразок з еритритолом (L=55,89), тоді як інулін забезпечив показники, близькі до контролю (L*=66,92 проти 70,16). Вологість найбільшою була у зразках з ксилітолом і екстрактом стевії (17,35 та 16,05%), найменшою – з інуліном та еритритолом (9,11 і 9,78%), що корелювало зі зростанням твердості та крихкості. Узагальнення результатів дозволило рекомендувати для впровадження у виробництво зразок з інуліном з цикорію як найбільш збалансований за сукупністю показників і перспективний для позиціонування продукту без доданого цукру з функціональними властивостями.*

Ключові слова: *печиво цукрове, ксилітол, екстракт стевії, еритритол, інулін з цикорію, реологічні властивості.*

© Дворяк В. А., Сова Н. А., Алієв Е. Б., Холобцева І. П., 2026

Стаття поширюється на умовах відкритої ліцензії CC BY 4.0

Dvoriak V. A., Sova N. A., Aliiev E. B., Kholobtseva I. P. Investigation of the properties of sugar cookies using sugar substitutes and sweeteners

The article substantiates the relevance of developing sugar cookie formulations with a reduced content of added sugars by replacing powdered sugar with sugar substitutes and sweeteners. The aim of the study was to develop a sugar cookie formulation in which powdered sugar is replaced with sugar substitutes and sweeteners. Five samples were prepared: a control sample (traditional sugar cookies "Do chaiu") and four experimental samples with complete replacement of powdered sugar by alternative ingredients – xylitol, stevia extract, erythritol, and chicory inulin – taking into account manufacturers' dosage recommendations (xylitol, erythritol, and inulin at a 1:1 ratio to powdered sugar; 1 g of stevia extract replacing 15 g of powdered sugar). Organoleptic evaluation was conducted in accordance with DSTU 3781:2014; moisture content was determined using a Radwag MA 110.R moisture analyzer; color characteristics were measured with a portable Linshang LS173 colorimeter in the CIELAB system; and rheological properties were assessed by texture profile analysis (double compression test). All samples exhibited a correct shape and uniform baking; however, crystalline inclusions were observed in the erythritol-containing sample, indicating limited solubility under the selected processing conditions. The best organoleptic scores were obtained for the control sample and the sample containing inulin, whereas the cookies with stevia extract received the lowest score due to a pronounced aftertaste. Colorimetric analysis demonstrated a significant effect of sugar substitutes on lightness: the darkest color was recorded for the erythritol sample (L=55.89), while the inulin sample showed values close to the control (L*=66.92 versus 70.16). The highest moisture content was observed in samples with xylitol and stevia extract (17.35% and 16.05%, respectively), and the lowest in samples with inulin and erythritol (9.11% and 9.78%), which correlated with increased hardness and brittleness. Based on the comprehensive evaluation of organoleptic, physicochemical, and rheological parameters, the sample containing chicory inulin is recommended for industrial implementation as the most balanced formulation and a promising option for positioning sugar-free cookies with functional properties.*

Key words: *sugar cookies, xylitol, stevia extract, erythritol, chicory inulin, rheological properties.*

Постановка проблеми. Актуальність розроблення рецептур цукрового печива із заміною традиційного інгредієнта – пудри цукрової – на цукрозамінники або підсолоджувачі визначається сучасними викликами у сфері раціонального харчування, профілактики неінфекційних захворювань та інноваційного розвитку харчових технологій. Класичні рецептури цукрового печива базуються на значному вмісті сахарози, яка забезпечує привабливі органолептичні властивості продукції, однак водночас обумовлює її високу енергетичну цінність та глікемічний індекс. Надлишкове споживання продуктів із високим вмістом доданих цукрів пов'язують із підвищеним ризиком розвитку ожиріння, цукрового діабету II типу, серцево-судинних захворювань, карієсу та метаболічних порушень, що узгоджується з рекомендаціями щодо обмеження споживання цукрів.

Зростання поширеності порушень вуглеводного обміну, зокрема діабету та інсулінорезистентності, зумовлює підвищений інтерес споживачів до кондитерських виробів зі зниженим вмістом сахарози або повною її заміною. У цьому контексті застосування цукрозамінників і підсолоджувачів, таких як еритритол, ксилітол, мальтитол, ізомальт, стевіозиди та інші, розглядають як перспективний напрям удосконалення рецептур борошняних кондитерських виробів. Використання зазначених інгредієнтів дозволяє знизити калорійність продукції, глікемічне навантаження та карієсогенний потенціал, одночасно забезпечуючи необхідний рівень солодкості готових виробів.

З технологічної позиції актуальність досліджень обумовлена істотними відмінностями фізико-хімічних властивостей цукрозамінників та підсолоджувачів порівняно із сахарозою, зокрема за показниками розчинності, гігроскопічності, здатності до карамелізації та участі в реакціях меланоїдиноутворення. Зазначені особливості безпосередньо впливають на формування реологічних властивостей

тіста, структури, текстури, кольору, крихкості та смако-ароматичного профілю цукрового печива. У зв'язку з цим розроблення рецептур із використанням цукрозамінників або підсолоджувачів потребує науково обґрунтованого вибору їх виду та дозування з урахуванням впливу на якість готової продукції.

Додатково актуальність теми посилюється розширенням сегмента функціональних і дієтичних харчових продуктів, орієнтованих на споживачів, які дотримуються принципів здорового харчування, контролю маси тіла або мають особливі харчові потреби. Розроблення та впровадження цукрового печива із застосуванням цукрозамінників або підсолоджувачів сприятиме розширенню асортименту, підвищенню конкурентоспроможності вітчизняної кондитерської продукції та її відповідності сучасним ринковим тенденціям.

Отже, створення рецептур цукрового печива з використанням цукрозамінників або підсолоджувачів є актуальним науково-практичним завданням, що поєднує вирішення питань оздоровлення харчування населення, удосконалення технологічних підходів та формування асортименту борошняних кондитерських виробів зі зниженою енергетичною цінністю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині як альтернативу традиційному цукру дедалі ширше застосовують натуральні та синтетичні підсолоджувачі [1].

Ксилітол належить до групи цукрових спиртів і широко використовується як підсолоджувач. У природних умовах він міститься у незначних кількостях у фруктах і овочах, зокрема в полуниці, малині, бананах, жовтих сливах, а також у цвітній капусті, шпинаті, моркві, цибулі, білих грибах, баклажанах, салаті та гарбузі. Крім того, ксилітол виявляють у листяних породах дерев (береза, бук) і в рослинній біомасі, зокрема в лушпинні та стеблах. Через низький вміст ксилітолу в природних джерелах його промислове вилучення з рослин є економічно недоцільним, тому для задоволення зростаючого попиту переважно використовують хімічні методи синтезу. Альтернативним підходом, спрямованим на зниження собівартості виробництва, є біотехнологічне отримання ксилітолу з лігноцелюлозної сировини. За зовнішнім виглядом ксилітол є білою кристалічною речовиною. Його енергетична цінність становить близько 2,4 ккал/г, що істотно нижче порівняно з сахарозою (4,0 ккал/г), водночас рівень солодкості є близьким до неї. Найпоширенішою формою споживання ксилітолу є жувальні гумки, також його активно застосовують у виробництві зубних паст. Окрім цього, ксилітол використовують у технологіях шоколаду, твердих цукерок, вафельних начинок, пастили, пектинових желе, начинок для морозива та інших кондитерських виробів. Він характеризується здатністю до ремінералізації, утримання вологи, неферментованістю, мікробною стабільністю, високою розчинністю та пребіотичними властивостями. У харчових технологіях ксилітол виконує функції стабілізатора, зволожувача, антиоксиданту та кріопротектора [2–4].

Еритритол – це природний цукровий спирт (або поліол), який міститься в різноманітних фруктах, таких як диня, кавун, груші, виноград, а також у ферментованих продуктах, таких як сир, соєвий соус. Еритритол міститься у фруктах у надто низьких кількостях, щоб його екстракція була економічно вигідною. Його можна виробляти хімічним шляхом, проте цей метод також не є економічно ефективним. Відносна солодкість еритритолу становить приблизно 70 % від солодкості сахарози. Під час розчинення в ротовій порожнині він створює відчуття охолодження, що пов'язано з негативною теплотою розчинення і зумовлює характерний освіжаючий ефект. У харчовій промисловості еритритол переважно використовують для формування збалансованих сенсорних характеристик продуктів, зокрема смаку,

кольору та текстури. Завдяки цьому його застосовують у виробництві продуктів без додавання цукру або зі зниженим вмістом цукрів. Еритритол входить до складу таблетованих підсолоджувачів, напоїв, жувальних гумок, шоколаду, цукерок та хлібобулочних виробів. Зволожувальні властивості, приємний смак і некарієсогенний ефект зумовлюють його використання у рецептурах зубних паст та ополіскувачів для порожнини рота. Крім того, еритритол застосовують у різних лікарських формах, зокрема у гранульованих порошках, пігулках, пігулкових оболонках, пастилках, лікувальних жувальних гумках та сиропах [5–7].

Але слід зауважити, що відома інформація щодо обмеження споживання зазначених вище цукрозамінників через вплив на здоров'я людини, зокрема існує ризик побічного впливу на серцево-судинну систему [8], тому у майбутніх дослідженнях слід вивчити це питання досконаліше.

Листя стевії розглядають як важливе джерело поживних і фітохімічних компонентів, що зумовлює його перспективність для отримання функціональних харчових інгредієнтів. Упродовж багатьох століть цю рослину використовували корінні народи як лікувальний засіб і природний підсолоджувач напоїв, зокрема мате та різних трав'яних чаїв. У натуральному вигляді солодкість стевії у 15–20 разів перевищує солодкість сахарози, що пояснюється наявністю в її складі комплексу дитерпенових глікозидів. Сукупна солодкість цих сполук, відомих як стевіозиди, в середньому становить близько 300 одиниць. Стевіозид (Е960) належить до природних підсолоджувачів невуглеводної природи. До основних переваг дитерпенових глікозидів відносять інтенсивний солодкий смак, практично нульову калорійність, високу термічну стабільність і стійкість до тривалого зберігання, дії кислот та лугів, а також відсутність ферментації мікроорганізмами. Вони добре розчиняються у воді, потребують мінімальних дозувань, є безпечними при тривалому споживанні та беруть участь у метаболічних процесах без залучення інсуліну, сприяючи нормалізації рівня глюкози в крові. На відміну від цукру, стевіозиди не беруть участі в реакціях меланоїдиноутворення, тому не спричиняють потемніння продуктів у процесі виробництва та зберігання. Вони не зброджуються мікрофлорою, підсилюють природні ароматичні властивості сировини та формують відчуття насиченості смаку готового виробу. Завдяки цим властивостям екстракти стевії широко застосовують у виробництві безалкогольних напоїв, хлібобулочних, кондитерських, молочних та дієтичних продуктів. Водночас, попри значні переваги та високу інтенсивність солодкого смаку, стевієві екстракти характеризуються специфічним гіркуватим післясмаком. Саме ця особливість створює для виробників харчових продуктів додаткові технологічні труднощі, пов'язані з необхідністю його маскування або коригування смакових властивостей готової продукції [9–11].

Цикорій є широко розповсюдженою рослиною родини айстрових. У корені цикорію міститься до 60% інуліну, є також каротин, вітаміни групи В, вітамін С, макро- та мікроелементи. Довжина полімерного ланцюга інуліну в цикорії варіює залежно від сорту рослини та сезону вегетації. Коріння цикорію зазвичай піддають переробці з метою екстракції інуліну, який надалі використовують для збагачення продуктів харчовими волокнами або як замінник цукру чи жиру завдяки його помірно солодкому смаку та здатності до желювання. Інулін, виділений із цикорію, має протимікробні та протизапальні властивості [12–14].

Мета роботи – розроблення рецептури печива цукрового із заміною пудри цукрової на цукрозамінники та підсолоджувачі.

Матеріали і методи дослідження. При проведенні дослідження за прототип було обрано типову рецептуру печива цукрового «До чаю», у якій замінювали

пудру цукрову на цукрозамінник або підсолоджувач (рис. 1). Цурозамінники та підсолоджувачі додавали замість пудри цукрової за рекомендаціями виробника, тобто ксилітол, еритритол та інулін з цикорію у співвідношенні 1:1, а 1 г екстракту стевії замінювали 15 г цукрової пудри.

Рис. 1. Цукрозамінники та підсолоджувачі, використані в дослідженні, зліва на право: ксилітол, екстракт стевії, еритритол, інулін з цикорію

У результаті одержано 5 зразків печива:

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

У процесі визначення органолептичних показників якості дослідних зразків цукрового печива брали за основу ДСТУ 3781:2014 «Печиво. Загальні технічні умови». Для визначення масової частки вологи дослідних зразків печива використовували ваги-вологомір Radwag MA 110.R, кольорових характеристик – портативний колориметр Linshang LS173, реологічних властивостей – пенетрометр.

Виклад основного матеріалу. Усі дослідні зразки печива (рис. 2) характеризувалися правильною формою без ознак деформації, мали чітко сформовані фігурні краї (відповідно до наданої форми) та не виявляли механічних ушкоджень, що свідчить про стабільність процесу формування тіста. Поверхня більшості зразків була рівною, без ознак підгоряння, та відповідала чинним вимогам ДСТУ. Водночас у зразку №4, виготовленому з використанням еритритолу, спостерігалася наявність кристалічних включень нерозчиненого цукрозамінника, що може бути наслідком обмеженої розчинності еритритолу за застосованих технологічних параметрів і вказує на доцільність коригування рецептурного складу або режимів замішування тіста. Найбільш виражені відмінності між зразками встановлено за показниками смаку та запаху. Зразок №2 із ксилітолом відзначався характерним легким ментоловим присмаком, властивим цьому цукрозаміннику, що може знижувати його споживчу привабливість для окремих груп споживачів. Зразок №3, до складу якого входив екстракт стевії, мав виражений небажаний післясмак, який негативно впливав на загальну органолептичну оцінку продукту. Подібна тенденція, хоча й менш виражена, спостерігалася також у зразку №4 з еритритолом. Натомість зразок №5, збагачений інуліном з цикорію, характеризувався приємним або нейтральним смаком, без сторонніх запахів та присмаків. Усі експериментальні зразки в розломі були рівномірно пропеченими, мали однорідну пористу структуру, не містили пустот і слідів непромішування, що підтверджує коректність режимів випікання та їх незалежність від виду використаного цукрозамінника або підсолоджувача.

Рис. 2. Загальний вигляд зразків печива цукрового (зліва на право): контрольний зразок (із використанням пудри цукрової); із використанням ксилітолу; із використанням екстракту стевії; із використанням еритритолу; із використанням інуліну з цикорію

Колориметричний аналіз зразків печива цукрового дозволив охарактеризувати вплив різних видів цукрозамінників або підсолоджувачів на забарвлення виробів після термічної обробки (табл. 1).

Таблиця 1

Кольорові характеристики дослідних зразків печива цукрового

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

Результати колориметричного дослідження підтверджують, що заміна сахарози різними цукрозамінниками або підсолоджувачами суттєво впливає на колірні параметри готового цукрового печива. Контрольний зразок №1 характеризувався найвищим показником світлоти L* (70,16), що відповідає світлому, типовому для традиційного цукрового печива забарвленню. Значення координат a* (9,16) та b* (33,82) свідчать про помірну інтенсивність червоного та жовтого відтінків, зумовлену використанням цукрової пудри в рецептурі.

У зразку №2, виготовленому з використанням ксилітолу, зафіксовано зниження світлоти (L*=63,61) у поєднанні зі зростанням показника a* (11,65), що вказує на посилення червонуватого відтінку. Одночасно зменшення значення b* (29,17) свідчить про ослаблення жовтого компонента порівняно з контрольним зразком. Зразок №3 з екстрактом стевії відзначався відносно високою світлотою (L*=66,82), однак мав мінімальне значення a* (1,78), що вказує на майже повну відсутність червоного тону, а також істотне зниження показника b* (20,94), що формує світліше та менш насичене забарвлення виробів.

Найнижчий рівень світлоти зафіксовано у зразка №4 з еритритолом (L*=55,89), що відповідає формуванню більш темного кольору печива. Водночас цей зразок характеризувався максимальним значенням координати a* (14,71), тобто найбільш вираженим червонуватим відтінком, а також відносно високим показником b* (28,59), що зумовлює насичене кремово-золотисте забарвлення. Зразок №5 з інуліном з цикорію мав високий показник світлоти (L*=66,92), близький до контрольного, та гармонійне поєднання значень a* (11,37) і b* (30,09), що забезпечує рівномірний та привабливий кремовий колір.

Для оцінювання готових виробів проведено дегустацію, під час якої здійснювали оцінку за такими параметрами: форма, поверхня, колір, смак, запах та вигляд у розломі. За результатами дегустаційної оцінки найвищий сумарний органолептичний бал отримали зразки №1 та №5, що свідчить про гармонійне поєднання форми, стану поверхні, кольору, смаку, запаху та структури у розломі. Зразки №2 і №4 характеризувалися дещо нижчим, проте достатньо високим рівнем загальної оцінки, демонструючи загалом добрі органолептичні показники. Найменшу сумарну оцінку зафіксовано у зразка №3, що обумовлено зниженням балів за показниками смаку та стану поверхні, тоді як інші характеристики перебували в межах допустимих значень.

Отримані дані свідчать про можливість використання цукрозамінників або підсолоджувачів у рецептурі цукрового печива без істотного погіршення його органолептичних властивостей. Водночас окремі варіанти рецептур забезпечують рівень споживчих характеристик, порівнянний із контрольним зразком. Це підтверджує доцільність подальших досліджень та практичного впровадження цукрового печива зі зниженим вмістом цукру з урахуванням сучасних вимог до харчових продуктів оздоровчого призначення. Далі дослідили вміст вологи у всіх зразках печива (табл. 2).

Таблиця 2

Результати визначення вологості дослідних зразків печива цукрового

Назва показника	№ дослідного зразка				
	1	2	3	4	5
Масова частка вологи, %	15,08	17,35	16,05	9,78	9,11

За результатами, наведеними в табл. 2, встановлено, що масова частка вологи в дослідних зразках цукрового печива істотно залежить від типу застосованого цукрозамінника чи підсолоджувача. Контрольний зразок №1 мав вологість на рівні 15,08%, що відповідає нормативним і характерним значенням для даного виду виробів. Найбільший вміст вологи відзначено у зразках №2 (17,35%) та №3 (16,05%), що, ймовірно, зумовлено гігроскопічністю ксилітолу та специфікою рецептури зі стевією, які сприяють утриманню вологи в матриці продукту.

Натомість зразки №4 (9,78%) та №5 (9,11%), виготовлені з використанням еритритолу та інуліну з цикорію, характеризувалися найнижчими показниками вологості. Це свідчить про формування більш сухої та крихкої текстури печива, що може сприяти підвищенню його хрусткості та потенційному подовженню строку зберігання. Разом із тим надто низький вміст вологи може зумовлювати підвищену ламкість виробів та потребувати оптимізації рецептури або технологічних режимів.

Досліджено реологічні властивості дослідних зразків цукрового печива після випікання (табл. 3).

Аналіз реологічних властивостей цукрового печива, отриманих методом текстурного аналізу з подвійним стиском, показав істотний вплив типу цукрозамінника або підсолоджувача та пов’язаного з ним рівня вологості на формування структури готових виробів. Контрольний зразок №1, виготовлений за традиційною рецептурою з використанням сахарози, відзначався найменшою твердістю (38,5 Н). Це пояснюється високою розчинністю цукру, його пластифікувальною дією та відносно підвищеною вологістю печива. Подібний характер структуроутворення спостерігався і у зразках №2 та №3, однак заміна сахарози на ксилітол

і екстракт стевії зумовила поступове підвищення твердості до 41,2 та 44,8 Н відповідно. Така тенденція пов'язана з нижчою здатністю цих цукрозамінника та підсолоджувача утримувати вологу та формувати рівномірну аморфну матрицю, що призводить до ущільнення структури виробів.

Максимальні значення твердості характерні для зразків №4 і №5, виготовлених із застосуванням еритритолу та інуліну з цикорію, – 62,6 і 58,3 Н відповідно. Це зумовлено значно нижчим вмістом вологи, а також особливостями механізму структуроутворення. Зокрема, еритритол має виражену схильність до кристалізації, що сприяє формуванню жорсткої та ламкої структури, тоді як інулін, як харчове волокно, підвищує щільність та міцність печива за рахунок утворення псевдогелевої сітки.

Показник здатності до руйнування змінювався у тому ж напрямі, що й твердість: найменші значення властиві зразку з цукром (29,4 Н), тоді як найбільші – виробам з еритритолом (48,9 Н) та інуліном з цикорію (45,1 Н). Це свідчить про те, що традиційне печиво руйнується при менших навантаженнях і має менш крихку текстуру, тоді як зразки з еритритолом та інуліном з цикорію потребували значно більшої сили для початку руйнування, що корелює з відчуттям сухості й ламкості під час споживання.

Параметр стійкості поступово зменшувався від зразка №1 (0,36) до зразка №4 (0,26), що вказує на зниження здатності виробів відновлювати форму після першого стиску. Для печива з цукром і ксилітолом характерна більш виражена пружно-в'язка поведінка, тоді як використання еритритолу та інуліну зумовило формування більш крихкої та менш еластичної структури. Водночас зразок з інуліном мав дещо вищий показник стійкості (0,28) порівняно з еритритолом, що можна пояснити здатністю інуліну частково зв'язувати воду та пом'якшувати матрицю виробу.

Аналогічні закономірності спостерігалися і для показника пружності. Найвищий індекс пружності зафіксовано у контрольного зразка (0,78), що свідчить про кращу здатність печива відновлювати форму між стисками. При заміні цукру на ксилітол і стевію цей показник знижувався до 0,75 і 0,73 відповідно, а у разі застосування еритритолу досягав мінімального значення 0,66. Це означає, що печиво з еритритолом найгірше відновлювалося після деформації, що узгоджується з його підвищеною крихкістю. Додавання інуліну з цикорію дещо покращило пружність (0,69), формуючи більш зв'язану структуру порівняно з еритритолом.

Таблиця 3

Результати аналізу профілю текстури печива

Показник	Од. виміру	№ дослідного зразка				
		1	2	3	4	5
Твердість	Н	38,5	41,2	44,8	62,6	58,3
Здатність до руйнування	Н	29,4	31,8	35,6	48,9	45,1
Стійкість	–	0,36	0,34	0,32	0,26	0,28
Індекс пружності	–	0,78	0,75	0,73	0,66	0,69
Когезивність	–	0,61	0,58	0,55	0,46	0,50
Виправлена когезивність	–	0,54	0,51	0,49	0,41	0,45
Жувальність	Н	18,3	18,0	18,0	19,0	20,1
Виправлена жувальність	Н	16,2	15,8	16,0	16,9	18,1

Показники когезивності та виправленої когезивності також чітко залежать від рецептури. Найвища когезивність притаманна зразку з цукром (0,61), що характеризує високу внутрішню зв'язність та здатність структури витримувати повторні деформації. За використання ксилітолу та стевії когезивність знижувалася до 0,58 і 0,55 відповідно, що свідчить про певне послаблення міжчасткових зв'язків. Найменше значення цього показника спостерігалося у зразка з еритритолом (0,46), що зумовлено його кристалічною природою та нерівномірним розподілом напружень у матриці. Інулін забезпечив дещо вищу когезивність (0,50), виконуючи роль структуроутворювача та частково компенсуючи втрату внутрішньої зв'язаності.

Жувальність як інтегральний показник, що поєднує твердість, когезивність і пружність, відображає комплексний характер структурних змін. Для зразків №1–3 її значення практично однакові (18,0–18,3 Н), що свідчить про близькі енергетичні витрати на пережовування. У печива з еритритолом жувальність підвищувалася до 19,0 Н, а максимального значення досягала у зразка з інуліном з цикорію (20,1 Н), що пов'язано з поєднанням високої твердості та відносно кращої внутрішньої зв'язаності. Подібна тенденція характерна і для виправленої жувальності: мінімальні значення притаманні виробам з ксилітолом та стевією, тоді як максимальні – печиву з інуліном з цикорію.

Висновки. Узагальнення результатів органолептичної оцінки свідчить, що найбільш гармонійними за сукупністю досліджуваних показників виявилися зразки №1 (контрольний) та №5, до складу якого входив інулін з цикорію. Зразок із використанням екстракту стевії продемонстрував нижчі органолептичні характеристики через наявність вираженого небажаного післясмаку. Зразки, виготовлені з ксилітолом та еритритолом, характеризувалися специфічними смаковими відтінками, які потенційно можуть знижувати рівень їх споживчої привабливості.

Результати колориметричного аналізу демонструють, що використання різних цукрозамінників або підсолоджувачів змінює як рівень світлоти, так і спектральний склад кольору цукрового печива. Найбільш наближеним до контрольного зразка за показником світлоти був варіант з інуліном, тоді як застосування еритритолу сприяло утворенню темнішого та більш насиченого забарвлення. Виявлені особливості доцільно розглядати як характерні органолептичні ознаки виробів без додавання цукру та враховувати під час оптимізації рецептур та їх подальшого впровадження у виробництво.

Результати дослідження вмісту вологи у готових виробах підтверджують суттєвий вплив вибору цукрозамінника чи підсолоджувача на вологовміст печива, а отже – на його структурно-механічні та споживчі властивості.

Порівняльний аналіз реологічних властивостей готових виробів свідчить, що заміна сахарози різними цукрозамінниками та підсолоджувачами істотно змінювала реологічні властивості цукрового печива. Найближчими до контрольного зразка за сукупністю показників були варіанти з ксилітолом і стевією, тоді як використання еритритолу та інуліну з цикорію призвело до утворення більш твердих, крихких та менш пружних виробів. Ці особливості необхідно враховувати під час оптимізації рецептур та технологічних режимів виробництва.

За узагальненням результатів експериментальних досліджень, що включали органолептичні, фізико-хімічні та реологічні показники, найбільш доцільним для впровадження у виробництво є зразок №5 – цукрове печиво з інуліном з цикорію. Саме цей варіант отримав максимальну сумарну органолептичну оцінку, співставну з контрольним зразком №1, і вирізнявся приємним, збалансованим смаком без сторонніх присмаків, однорідним кольором, правильною формою та доброю структурою у розломі.

На відміну від зразка з екстрактом стевії (№3), у печиві з інуліном з цикорію відсутній небажаний гіркий післясмак, а порівняно з виробами на основі ксилітолу та еритритолу – не проявляються специфічні смакові відтінки, здатні знижувати споживчу привабливість продукту. Зразок №5 характеризувався найменшим вмістом вологи (9,11%), що сприяє формуванню вираженої хрусткої текстури, типової для цукрового печива, а також потенційному подовженню терміну зберігання завдяки зниженню ризику мікробіологічного псування. Хоча знижена вологість може зумовлювати підвищену крихкість виробів, цей недолік може бути компенсований шляхом коригування технологічних параметрів, зокрема режимів випікання, товщини заготовок або вологості тіста.

Незважаючи на дещо нижчі показники м'якості та пружності порівняно зі зразками з ксилітолом і екстрактом стевії, структура печива з інуліном з цикорію залишалася органолептично привабливою і відповідала споживчим очікуванням щодо хрустких кондитерських виробів. Додатковою перевагою є те, що інулін з цикорію належить до пребіотиків і надає продукту функціональних властивостей. Таким чином, зразок №5 дозволяє позиціонувати готовий виріб як печиво без доданого цукру з оздоровчим спрямуванням, що повністю узгоджується з сучасними тенденціями ринку та актуальними запитами споживачів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Da Silva G. A., Kloss G. P., Tavares Lemos T. E. Estudo das propriedades e das características do uso da estévia, eritritol, xilitol e frutose em substituição à sacarose : Trabalho de Conclusão de Curso. Limeira : ETEC Trajano Camargo, 2021. 81 p. URL: http://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/8539.

2. Benahmed A. G., Gasmi A., Arshad M. et al. Health benefits of xylitol. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2020. Vol. 104, iss. 16. P. 7225–7237. DOI: https://doi.org/10.1007/s00253-020-10708-7.

3. Umai D., Kayalvizhi R., Kumar V., Jacob S. Xylitol: Bioproduction and Applications-A Review. *Frontiers in Sustainability*. 2022. Vol. 3. Art. 826190. DOI: https://doi.org/10.3389/frsus.2022.826190.

4. Mathur S., Kumar D., Kumar V. et al. Xylitol: Production strategies with emphasis on biotechnological approach, scale up, and market trends. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 2023. Vol. 35. Art. 101203. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101203.

5. Mazi T. A., Stanhope K. L. Erythritol: An In-Depth Discussion of Its Potential to Be a Beneficial Dietary Component. *Nutrients*. 2023. Vol. 15, iss. 1. Art. 204. DOI: https://doi.org/10.3390/nu15010204.

6. Regnat K., Mach R. L., Mach-Aigner A. R. Erythritol as sweetener – wherefrom and where to? *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2018. Vol. 102, iss. 2. P. 587–595. DOI: https://doi.org/10.1007/s00253-017-8654-1.

7. Yang W., Zhao X., Han M. et al. Recent advances in biosynthesis mechanisms and yield enhancement strategies of erythritol. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024. Vol. 64, iss. 33. P. 13112–13132. DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2260869.

8. Witkowski M., Hazen S. L. Erythritol and xylitol and cardiovascular disease risk: a growing concern. *European Heart Journal*. 2025. Vol. 46, iss. 29. P. 2931–2932. DOI: https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae729.

9. Urban J. D., Carakostas M. C., Taylor S. L. Steviol glycoside safety: are highly purified steviol glycoside sweeteners food allergens? *Food and Chemical Toxicology*. 2015. Vol. 75. P. 71–78. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.11.011.

10. Грабовська О. В., Сабадаш Н. І., Авраменко А. Д. та ін. Розроблення рецептурної композиції рідкого цукрозамінника на основі стевії та мальтозного сиропу для безалкогольних напоїв. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2021. Т. 27, № 4. С. 140–153. DOI: https://doi.org/10.24263/2225-2924-2021-27-4-18.

11. Onakpoya I. J., Heneghan C. J. Effect of the natural sweetener, steviol glycoside, on cardiovascular risk factors: a systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2015. Vol. 22, iss. 12. P. 1575–1587. DOI: https://doi.org/10.1177/2047487314560663.

12. Micka A., Siepelmeyer A., Holz A., Theis S., Schon C. Effect of consumption of chicory inulin on bowel function in healthy subjects with constipation: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2017. Vol. 68, iss. 1. P. 82–89. DOI: https://doi.org/10.1080/09637486.2016.1212819.

13. Farhangi M. A., Javid A. Z., Dehghan P. The effect of enriched chicory inulin on liver enzymes, calcium homeostasis and hematological parameters in patients with type 2 diabetes mellitus: A randomized placebo-controlled trial. *Primary Care Diabetes*. 2016. Vol. 10, iss. 4. P. 265–271. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pcd.2015.10.009.

14. Сабадишин Р. О. Теоретичні аспекти застосування інуліну у хворих на остеоартроз. *Ліки України*. 2022. № 4 (260). С. 12–15. DOI: https://doi.org/10.37987/1997-9894.2022.4(260).271625.

REFERENCES:

1. Da Silva, G. A., Kloss, G. P., & Tavares Lemos, T. E. (2021). Estudo das propriedades e das características do uso da estévia, eritritol, xilitol e frutose em substituição à sacarose [Study of the properties and characteristics of the use of stevia, erythritol, xylitol, and fructose as sucrose substitutes] (Unpublished undergraduate thesis). ETEC Trajano Camargo, Limeira, Brazil.

2. Benahmed, A. G., Gasmi, A., Arshad, M., et al. (2020). Health benefits of xylitol. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(16), 7225–7237.

3. Umai, D., Kayalvizhi, R., Kumar, V., & Jacob, S. (2022). Xylitol: Bioproduction and applications – A review. *Frontiers in Sustainability*, 3, Article 826190.

4. Mathur, S., Kumar, D., Kumar, V., et al. (2023). Xylitol: Production strategies with emphasis on biotechnological approach, scale up, and market trends. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 35, Article 101203.

5. Mazi, T. A., & Stanhope, K. L. (2023). Erythritol: An in-depth discussion of its potential to be a beneficial dietary component. *Nutrients*, 15(1), Article 204.

6. Regnat, K., Mach, R. L., & Mach-Aigner, A. R. (2018). Erythritol as sweetener – wherefrom and where to? *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(2), 587–595.

7. Yang, W., Zhao, X., Han, M., et al. (2024). Recent advances in biosynthesis mechanisms and yield enhancement strategies of erythritol. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(33), 13112–13132.

8. Witkowski, M., & Hazen, S. L. (2025). Erythritol and xylitol and cardiovascular disease risk: A growing concern. *European Heart Journal*, 46(29), 2931–2932.

9. Urban, J. D., Carakostas, M. C., & Taylor, S. L. (2015). Steviol glycoside safety: Are highly purified steviol glycoside sweeteners food allergens? *Food and Chemical Toxicology*, 75, 71–78.

10. Hrabovska, O. V., Sabadash, N. I., Avramenko, A. D., et al. (2021). Rozroblennia retsepturnoi kompozytsii ridkoho tsukrozaminnyka na osnovi stevii ta maltoznoho syropu dlia bezalkoholnykh napoiv [Development of a formulation composition of a liquid sugar substitute based on stevia and maltose syrup for non-alcoholic beverages]. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii*, 27(4), 140–153. [in Ukrainian].

11. Onakpoya, I. J., & Heneghan, C. J. (2015). Effect of the natural sweetener, steviol glycoside, on cardiovascular risk factors: A systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *European Journal of Preventive Cardiology*, 22(12), 1575–1587.

12. Micka, A., Siepelmeyer, A., Holz, A., Theis, S., & Schon, C. (2017). Effect of consumption of chicory inulin on bowel function in healthy subjects with constipation:

A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 68(1), 82–89.

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

14. Sabadishyn, R. O. (2022). Teoretychni aspekty zastosuvannia inulinu u khvorykh na osteoartroz [Theoretical aspects of inulin use in patients with osteoarthritis]. *Liky Ukrainy*, (4(260)), 12–15. [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 11.12.2025
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 15.01.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 07.04.2026