

Наталія Павлівна Буяльська¹, Наталя Миколаївна Денисова²

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій та екології
Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)

E-mail: buialaska@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6800-5604>. ResearcherID: HME-2652-2023

²кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій та екології
Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)

E-mail: 4386793@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5967-2815>. ResearcherID: JFS-1548-2023

**ЗНИЖЕННЯ ГЛІКЕМІЧНОСТІ БІСКВІТНИХ ВИРОБІВ
ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ЕКОБЕЗПЕЧНИХ
ЦУКРОЗАМІННИКІВ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ**

Встановлено, що з додаванням натуральних цукрозамінників, а саме еритриту, екстракту стевії та інуліну, окремо та в комбінації, у рецептуру бісквітних напівфабрикатів можна отримати бісквіт із редукованою калорійністю та глікемічністю. Еритрит характеризується найвищою піноутворювальною здатністю порівняно із сахарозою, проте знижує стійкість піни. Додавання інуліну в кількості 10 % до маси борошна до суміші з меланжем підвищує стійкість піни. Інουλін, завдяки високим вологоутримуючим властивостям, покращує пористість, м'якість і вологість бісквіта, компенсуючи сухість, спричинену еритритом, а також позитивно впливає на якість виробів у процесі зберігання. Комплексний аналіз фізико-хімічних та органолептичних показників дозволив визначити оптимальну композицію інгредієнтів, при чому енергетична цінність такого зразка становить 198 ккал проти 342 ккал контрольного.

Ключові слова: бісквітний напівфабрикат; цукрозамінники; глікемічний показник; еритрит; інулін; стевія.

Табл.: 5. Рис.: 5. Бібл.: 13.

Актуальність теми дослідження. В умовах розвитку харчової промисловості однією з основних тенденцій є підбір раціонального харчування з позиції профілактики порушень вуглеводного обміну. Зростання поширеності цукрового діабету, ожиріння та метаболічного синдрому зумовлює необхідність зниження споживання продуктів із високим глікемічним індексом, зокрема борошняних кондитерських виробів. Бісквітні вироби – одні з найпоширеніших кондитерських борошняних виробів, які характеризуються високим вмістом цукру, що обмежує можливість їх використання в раціоні людей із порушеннями вуглеводного обміну та споживачів, які дотримуються принципів здорового харчування.

Одним із перспективних напрямів удосконалення рецептур бісквітних виробів є заміна сахарози на альтернативні підсолоджувачі та функціональні інгредієнти, зокрема еритрит, інулін і стевію. Еритрит характеризується низькою калорійністю та практично нульовим глікемічним індексом, інулін проявляє пребіотичні властивості та здатність знижувати глікемічний відгук продуктів, а стевія забезпечує необхідну солодкість без підвищення рівня глюкози в крові.

Використання зазначених інгредієнтів дозволяє не лише знизити глікемічність бісквітних виробів, але й підвищити їхню біологічну цінність та розширити асортимент функціональних кондитерських продуктів. У зв'язку з цим дослідження впливу еритриту, інуліну та стевії на технологічні, органолептичні та харчові властивості бісквітних виробів є актуальним і має важливе наукове та практичне значення.

Постановка проблеми. Цукровий діабет належить до досить поширених ендокринних захворювань, від якого у світі страждає приблизно до 5 % населення, а в Україні зареєстровано понад 1 мільйон хворих [1]. З кожним роком цукровий діабет прогресує та «молодшає». Така ситуація суттєво обмежує вибір продуктів харчування та унеможливує задоволення харчових потреб населення.

Серед борошняних кондитерських виробів широку популярність в Україні здобули бісквіти, які мають легку консистенцію, характерний приємний смак і запах. Цей продукт у нашій країні виробляється переважно за традиційними технологіями. Їхньою відносно не-

гативною стороною є висока енергетична цінність, яка зумовлена вмістом швидких вуглеводів, а також низький рівень вмісту активних речовин. Тому зниження їхньої калорійності може суттєво підвищити привабливість цього виду кондитерських виробів для сучасних споживачів. Одним із базових напрямів вирішення цієї проблеми є використання цукрозамінників для зниження енергетичної цінності в технології бісквітних виробів [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні в науковій літературі накопичено певний обсяг відомостей про використання замінників сахарози. Насамперед можна виділити дослідження В. В. Дорохович, А. Г. Абрамової, які займалися вивченням особливостей використання низькоглікемічних та низькокалорійних замінників сахарози (еритритол, мальтитол та ізомальтитол) у технології бісквітів діабетичного застосування [3; 4; 5]. Отримані результати показують, що на відміну від інших замінників цукру мальтитол не вимагає будь-яких коригувань у технологічному процесі, ізомальтитол найкраще поєднувати з тепловим способом отримання тіста, а еритритол викликає необхідність змін у режимі випікання.

Дослідження щодо додавання інуліну [6; 7] показали покращення реологічних показників напівфабрикатів, кращих органолептичних показників та якісних показників готових виробів (яскраво виражена наявність тонкостінних пір). Отримані вироби менш схильні до псування бактеріями і грибами. Автори стверджують, що добавки з інуліном призводять до більш стійкого утримання води у зв'язку зі швидким формуванням хімічних зв'язків між білковою матрицею і гідратованим інуліном.

Оскільки інулін міститься у деяких видах рослинної сировини, проаналізовано дослідження із внесенням інулінвмісної сировини до рецептур борошняних кондитерських виробів. Встановлено [8], що додавання продуктів із цикорію позитивно позначається на швидкості тістоутворення, стабільності та еластичності тістових напівфабрикатів. Додавання топінамбура [9], дозволяє підвищити водопоглинаючу здатність борошна та показники пружної деформації тіста, спостерігається зниження обсягу відмитої клейковини, з одночасним зростанням її сили.

Аналіз досліджень із додаванням еламіну та стевіозиду, як замінників цукру [10], показує, що заміна 50 % цукру на стевіозид і 1,5 % еламіну зберігає необхідні показники готових виробів за рахунок зв'язування води. Встановлено, що в'язкість тіста збільшується еламіном, а стевіазлоїд навпаки розріджує тісто, тому оптимальне співвідношення 0,3 % стевіозиду та 1,5 % еламіну до маси яєць.

Використання як замінників цукру суміші фруктози та еритритолу [11] викликає зниження пружності м'якшю на 0,1 %, але зберігається оптимальний рівень вологості та структури бісквітного напівфабрикату доволі тривалий час.

Таким чином, виробництво бісквітних виробів є важливою складовою формування традиційного харчового раціону населення, а заміна сахарози на цукрозамінники становить актуальний науково-технічний напрям у галузі харчової науки. Результати попередніх досліджень свідчать про доцільність і перспективність такої заміни.

Серед наявних цукрозамінників найбільш ефективними є природні компоненти – інулін, еритритол та екстракт стевії. Їх індивідуальне використання забезпечує отримання виробів із належними якісними й органолептичними характеристиками в межах нормативних значень. Водночас комбіноване застосування зазначених замінників залишається недостатньо вивченим, тому дослідження їхнього спільного впливу на технологію виробництва та глікемічність готової продукції є основним завданням даної роботи.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Незважаючи на те, що використанню цукрозамінників присвячено чимало досліджень, питання застосування комбінації натуральних цукрозамінників еритритолу, інуліну та стевії в технології бісквітних напівфабрикатів залишалися фактично не освітленими тією мірою, яка б задовольняла запитам виробництва.

Мета дослідження – проаналізувати можливість зниження глікемічності бісквітних напівфабрикатів за рахунок заміни сахарози комбінацією натуральних цукрозамінників еритриту, інуліну та стевії за умови збереження якісних показників виробів.

Виклад основного матеріалу. Дослідження використання комплексу цукрозамінників у технології бісквітних виробів проведено в лабораторних умовах кафедри харчових технологій та екології НУ «Чернігівська політехніка». Базова рецептура бісквітного напівфабрикату «Основний», за традиційною технологією. Досліджували показники якості сировини, тіста бісквітного та готових бісквітних виробів із додаванням натуральних цукрозамінників, а саме еритриту, інуліну та стевії та їхніх сумішей. Результати досліджень аналізували на відповідність ДСТУ 8001:2015 (органолептичні та фізико-хімічні показники готових бісквітних напівфабрикатів). Методи оцінки якості бісквітних напівфабрикатів, використані відповідно до затверджених методик, зазначених у ДСТУ 4619:2006; 4683:2006; 4910:2008; 8001:2015; 4460:2018.

Оскільки цукор у бісквітних виробках виконує не лише функцію підсолоджувача, а й бере участь у формуванні об'єму та структури під час збивання з меланжем, а також забезпечує утримання вологи та утворення забарвленої скоринки внаслідок реакцій Майяра, то застосування цукрозамінників потребує підбору їх оптимальної комбінації, враховуючи особливості кожного:

- еритрит характеризується коефіцієнтом солодкості 0,6 відносно сахарози та нульовим глікемічним індексом, однак не забезпечує належної піноутворюючості, має низьку гігроскопічність і може спричинити крихкість та прискорене висихання виробів;

- інулін, як низькокалорійний полісахарид із низьким глікемічним індексом, володіє гелеутворюючими властивостями, імітує об'ємутворюючу функцію цукру, покращує пористість і консистенцію бісквітів і сприяє збереженню вологи, а також підсилює смаковий ефект стевії, що дозволяє знизити її дозування та мінімізувати сторонні присмаки та підвищує вміст харчових волокон у готових виробках і проявляє пребіотичні властивості;

- стевія не має структуроутворюючих властивостей, однак за рахунок високої солодкості (200...300 відносно цукру) забезпечує необхідний рівень підсолодження та компенсує недостатню солодкість еритриту й інуліну.

Тому обрано, що інулін вносити в об'ємі 2, 4 та 10 % від маси борошна (дослідні зразки 1-3). У дослідний зразок (ДЗ) 4 вносимо еритрит в пропорційній кількості до сахарози; в ДЗ 5 – еритрит і стевія; ДЗ 6 – еритрит, стевія та інулін. Кількість екстракту стевії визначали з урахуванням її солодкості та наявності еритриту в рецептурі.

Оскільки додавання крохмалю зв'язує надлишкову вологу та формує рівномірну пористість, а метою роботи є зниження глікемічності виробів, то у зразок ДЗ 7 його не вносили.

У рецептурі ДЗ 8 еритрит і стевію вводили у вигляді комплексної добавки із солодкістю, еквівалентною сахарозі, що обґрунтовано технологічною доцільністю її використання в умовах промислового виробництва.

Випікання контрольного зразка та зразків 1 – 3 проводили за температури 180 °С протягом 30-35 хвилин, для інших зразків (4 – 8) випікання проводили за температури 150 °С протягом 40 – 45 хвилин.

На першому етапі експериментальних досліджень вивчали вплив інуліну, стевії та еритриту на піноутворюючу здатність і стійкість піни в сумішах меланжу з цукрозамінниками. Відомо, що сахароза підвищує стійкість піни за рахунок збільшення в'язкості системи, проте знижує інтенсивність піноутворення порівняно з меланжем без добавок. З огляду на визначальний вплив сахарози на процес піноутворення меланжу передбачалося, що застосування цукрозамінників також істотно впливатиме на ці показники.

Таблиця 1 – Рецептури дослідних зразків (ДЗ) для лабораторної випічки

Найменування сировини	Витрати сировини, г/100 г								
	Контрольний зразок	ДЗ 1	ДЗ 2	ДЗ 3	ДЗ 4	ДЗ 5	ДЗ 6	ДЗ 7	ДЗ 8
Борошно пшеничне вищого гатунку	28,12	27,57	27,04	25,56	28,12	28,12	25,56	32,50	32,76
Крохмаль картопляний	69,4	6,94	6,94	6,94	6,94	6,94	6,94	-	-
Меланж	57,85	57,85	57,85	57,85	57,85	57,85	57,85	57,85	57,85
Цукор білий	34,71	34,70	34,70	34,70	-	-	-	-	-
Есенція	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Інулін	-	0,55	1,08	2,56	-	-	2,56	3,25	3,28
Еритрит	-	-	-	-	34,70	34,20	36,20	33,51	-
Стевія	-	-	-	-	-	0,50	0,50	0,50	-
Комплексна добавка «еритрит + стевія»	-	-	-	-	-	-	-	-	33,72
Разом	127,98	127,96	127,96	127,96	127,96	127,96	127,96	127,96	127,96

Джерело: розроблено авторами.

Цукрозамітники вносили в кількостях, передбачених рецептурами дослідних зразків (табл. 1). Збивання здійснювали з частотою обертання 1000 об./хв. Значення показників піноутворюючої здатності наведено на рис. 1.

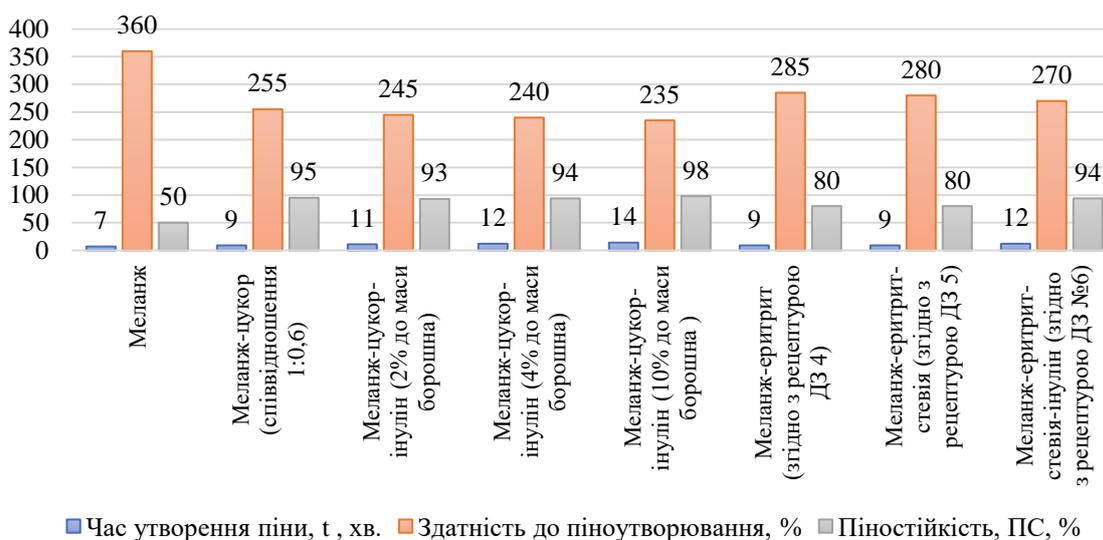


Рис. 1. Здатність до піноутворення (ЗПУ), піностійкість (ПС) та час, за який відбувається максимальне утворення піни (t)

Джерело: розроблено авторами.

Таким чином, порівняно із системою «цукор – меланж», найвищу піноутворювальну здатність демонструє суміш «меланж – еритрит». Введення стевії та еретриту в дослідному зразку впливає на зниження цього показника. Додавання інуліну спричиняє незначне зменшення піноутворювальної здатності та подовження тривалості збивання до досягнення максимального об’єму піни порівняно із сахарозою.

Водночас визначальним показником якості є стабільність піни (рис. 1). У системах натуральних цукрозаміників з меланжем присутність еритриту зумовлює зниження піностійкості приблизно на 20 % протягом однієї години, тоді як у системі «меланж – сахароза» цей показник залишається на високому рівні та становить 95 %. За вмісту інуліну 2 і 4 % значення піностійкості практично не відрізняються від контролю. Підвищення концентрації інуліну до 10 % позитивно впливає на стабільність піни, збільшуючи її до 94 %. Це пояснюється

гідрофільними властивостями інуліну, який зв’язує вільну вологу та сприяє зміцненню піноструктури. Зважаючи на високу піноутворювальну здатність еритриту за одночасно зниженої стійкості піни, доцільним є введення інуліну в кількості 10 % до рецептури бісквітних напівфабрикатів. Дані щодо вологості та густини бісквітного тіста наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Вологість і густина бісквітного тіста з натуральними цукрозамінниками

Зразки	Показники		Зразки	Показники		Зразки	Показники	
	Вологість, %	Густина, г/см ³		Вологість, %	Густина, г/см ³		Вологість, %	Густина, г/см ³
Контроль	37,2	0,33	ДЗ 3	37,06	0,36	ДЗ 6	36,27	0,38
ДЗ 1	36,12	0,34	ДЗ 4	36,40	0,41	ДЗ 7	36,16	0,40
ДЗ 2	36,12	0,34	ДЗ 5	36,30	0,38	ДЗ 8	36,20	0,40

Джерело: розроблено авторами.

Встановлено, що використання еритриту зумовлює підвищення густини бісквітного тіста. Це пояснюється низькою піностійкістю системи «меланж – еритрит», унаслідок чого під час введення борошна відбувається інтенсивне руйнування піни, що призводить до ущільнення тіста та негативно позначається на якості готових виробів.

Внесення інуліну також сприяє зміцненню структури тіста, що пов’язано з його здатністю взаємодіяти з білковими компонентами та крохмалем пшеничного борошна. Водночас така дія позитивно відображається на показниках якості готової продукції.

Оцінку якості готових бісквітних виробів здійснювали за показниками вологості, пористості та питомого об’єму. Хоча останній не регламентується нормативною документацією, вони є важливими критеріями споживчих властивостей бісквітів. Результати досліджень наведено на рис. 2.

За результатами експерименту встановлено, що введення інуліну сприяє зростанню пористості бісквіта, причому зі збільшенням його концентрації цей показник підвищується. Найвищі значення пористості зафіксовано при внесенні 10 % інуліну до маси борошна. Використання еритриту призводить до зниження вологості та пористості бісквітних напівфабрикатів, однак його поєднання з інуліном, який характеризується вираженими вологоутримуючими властивостями, дозволяє підвищити зазначені показники до рівня контрольного зразка.

Результати органолептичної оцінки дослідних зразків, а також зовнішній вигляд готових виробів у розрізі представлені на рис. 3 та в табл. 3, 4.

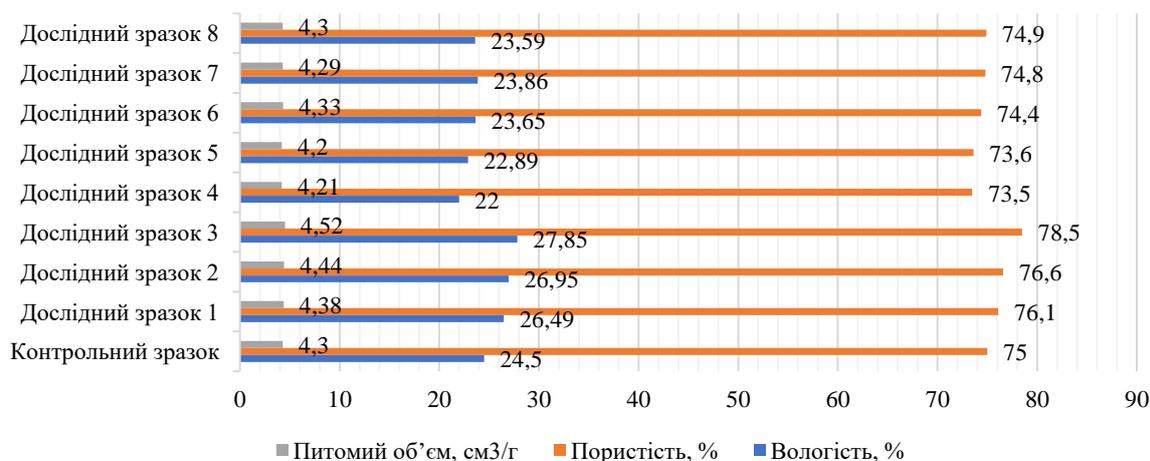


Рис. 2. Результат дослідження впливу натуральних цукрозамінників на якісні показники готових бісквітів

Джерело: розроблено авторами.

Бісквіти з еритритом мають світлішу поверхню, що обумовлено відсутністю процесів карамелізації, у зв'язку з чим їх випікання здійснюють за нижчих температур порівняно з традиційною рецептурою. Додавання інуліну покращує структуру виробів у розрізі, зменшує характерний охолоджувальний ефект еритриту та наближає органолептичні показники бісквітів до зразків на основі сахарози.

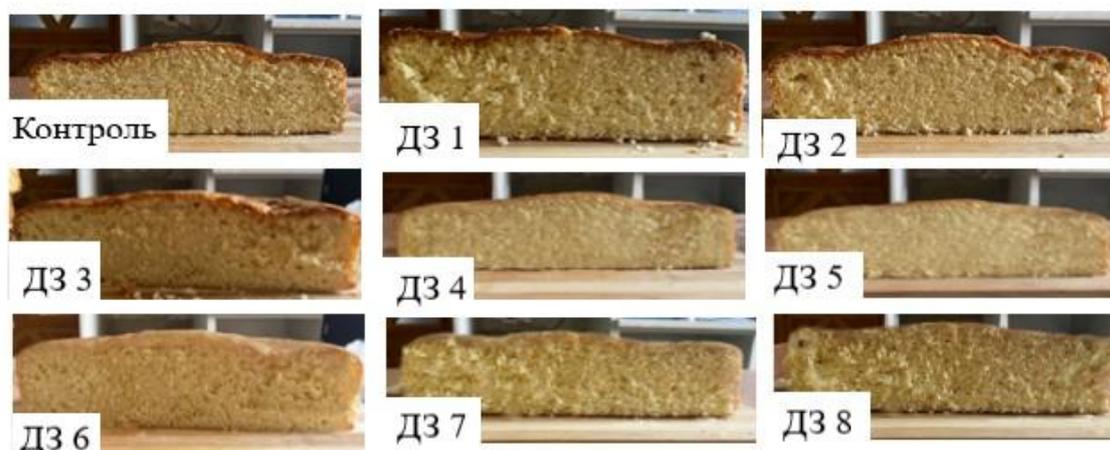


Рис. 3. Зовнішній вигляд дослідних зразків

Джерело: розроблено авторами.

Згідно з чинними нормативними документами, термін зберігання бісквітів без оздоблювальних напівфабрикатів становить 72 години за температури 18 °С та відносної вологості повітря 75 %. За зберігання у картонній тарі цей період подовжується до одного тижня. У промислових умовах термін зберігання може досягати одного місяця, що забезпечується використанням консервантів і розпушувачів, які уповільнюють розвиток мікрофлори та зберігають споживчі властивості продукції.

Таблиця 3 – Органолептична характеристика досліджуваних зразків (контрольного та з інуліном)

Показник	Контрольний зразок	ДЗ 1	ДЗ 2	ДЗ 3
Зовнішній вигляд	Форма правильна, без тріщин, відшаровування скоринки та підгорілоостей	Форма правильна, без тріщин, відшаровування скоринки та підгорілоостей	Форма правильна, без тріщин, відшаровування скоринки та підгорілоостей	Форма правильна, без тріщин, з легким темнішим відтінком скоринки, без її відшаровування
Поверхня	Поверхня рівномірно опукла, без деформацій			
Колір поверхні	Жовтий	Жовтуватий, із золотистим відтінком	Золотистий	Золотистий, з невеликим коричневим відтінком
Структура м'якушки	Тонкостінно пориста, м'якушка нелипка	Тонкостінно пориста, м'якушка нелипка	Тонкостінно пориста, м'якушка нелипка	Пористість тонкостінна, м'якушка нелипка
Смак	Солодкий	Трохи менш солодкий	Солодкий	Солодкий
Запах	Приємний, характерний для бісквітів			

Джерело: розроблено авторами.

Таблиця 4 – Органолептична характеристика досліджуваних зразків (з еритритом)

Показник	Дослідні зразки				
	ДЗ 4	ДЗ 5	ДЗ 6	ДЗ 7	ДЗ 8
Форма	Рівномірно опукла, без істотних деформацій	Рівномірно опукла, без істотних деформацій	Рівномірно опукла, без істотних деформацій	Рівномірно опукла, без істотних деформацій	Рівномірно опукла, без істотних деформацій
Запах	Виразний, без сторонніх домішок	Виразний, без сторонніх домішок	Виразний, без сторонніх домішок	Виразний, без сторонніх домішок	Виразний, без сторонніх домішок
Смак	Солодкий, характерний для бісквіту	Недостатньо солодкий, відчувається невеликий прохолоджувальний ефект	Солодкий, без стороннього присмаку	Солодкий, характерний для бісквіту	Солодкий, характерний для бісквіту
Поверхня	Рівномірна, світло-жовта, без підгоріlostей	Рівномірна, світло жовта, без підгоріlostей	Золотисто-світло коричнева, без підгоріlostей	Золотисто-світло-коричнева, без підгоріlostей	Золотисто-світло-коричнева, без підгоріlostей
Структура м'якушки	Пористість добре розвинена, тонкостінна, м'якушка неліпка	Пористість гірше розвинена, товстостінна, м'якушка неліпка	Пористість добре розвинена, тонкостінна, м'якушка неліпка	Пористість добре розвинена, тонкостінна, м'якушка неліпка	Пористість добре розвинена, тонкостінна, м'якушка неліпка

Джерело: розроблено авторами.

Результати дегустаційної оцінки дослідних зразків методом бальної оцінки за 5-бальною системою представлено на рис. 4. Найліпшими виявились зразки 3, 6, 7, 8.

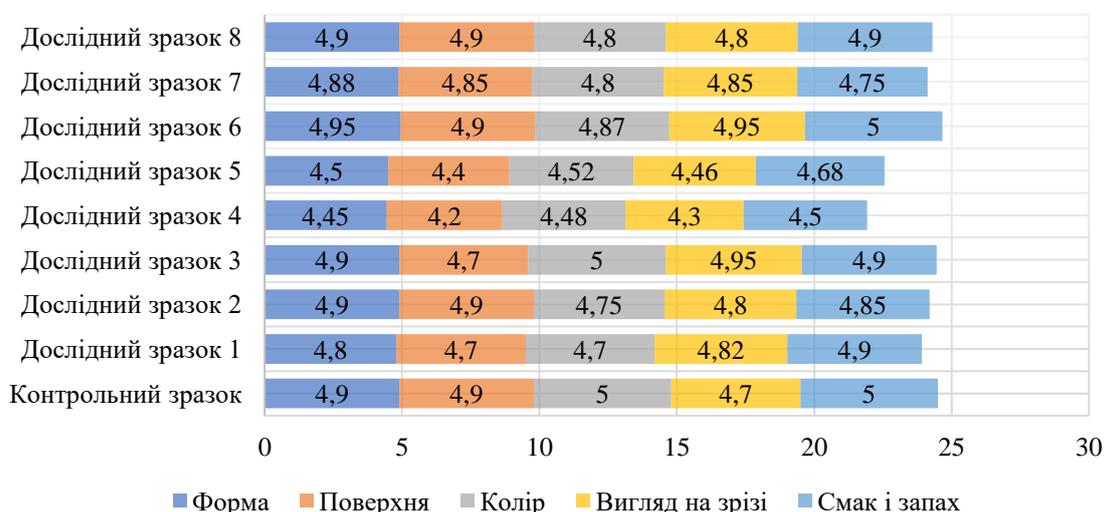


Рис. 4. Гістограма результатів дегустаційної оцінки дослідних зразків

Джерело: розроблено авторами.

Дослідження змін якісних показників у процесі зберігання проводили з урахуванням динаміки вологості готових виробів (рис. 5). Встановлено, що вологість контрольного зразка протягом трьох діб зменшується на 6,72 %. Для бісквітних напівфабрикатів з інуліном втрата вологи є значно меншою, що пояснюється підвищенням вологоутримуючої здатності виробів за рахунок зменшення ретроградації крохмального клейстеру та уповільнення процесів черствіння.

Найінтенсивніше зниження вологості спостерігалось у зразках з еритритом та композицією «еритрит – стевія». Водночас поєднання цих підсолоджувачів з інуліном забезпечувало повільнішу втрату вологи, наближаючи її значення до контрольного рівня. Отже, введення інуліну позитивно впливає на збереження якості бісквітних виробів у процесі зберігання.

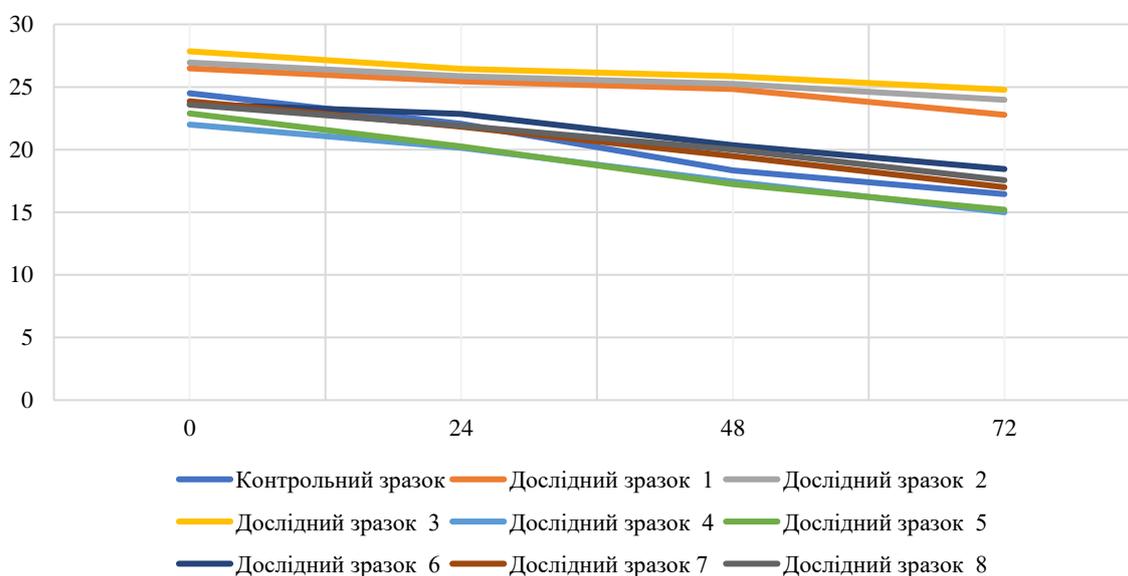


Рис. 5. Зміна вологості розроблених бісквітних виробів під час зберігання (0...72 год.), %.

Джерело: розроблено авторами.

Комплексний аналіз фізико-хімічних та органолептичних показників показав, що найкращими властивостями, у тому числі за умов зберігання, характеризувалися дослідні зразки 6-8, які містили інулін та композицію еритриту зі стевією. Еритрит забезпечує формування необхідного об'єму та структури виробів, однак у високих концентраціях спричиняє сухість і виражений охолоджувальний ефект. Стевія, маючи нульову енергетичну цінність, забезпечує високу солодкість за мінімального дозування, а в комбінації з еритритом формує смаковий профіль, близький до сахарози, тоді як її самостійне використання може зумовлювати лакричний присмак. Інулін, як джерело харчових волокон, підвищує вологоутримуючу здатність, сприяє збереженню м'якості бісквіта, збільшує пористість та компенсує сухість, властиву еритриту.

Відповідно до методики [12] розраховано енергетичну цінність дослідних зразків з урахуванням коефіцієнтів засвоєння білків, жирів і вуглеводів, а також втрат під час теплової обробки (табл. 5). Вміст білків у контрольному та експериментальних зразках суттєво не відрізнявся і становив 9,98...10,72 г, з максимальним значенням у зразку 8. Кількість жирів також змінювалася незначно. Завдяки зменшенню частки засвоюваних вуглеводів енергетична цінність зразка 8 знизилася на 42,27 % порівняно з контролем.

Крім того, встановлено, що розроблений виріб характеризується підвищеним вмістом харчових волокон (2,99 г проти 0,05 г у контрольному зразку) за рахунок введення інуліну. Розрахунок глікемічного показника за методикою [13] засвідчив, що зразок 8 має найнижче значення, зменшення якого становить 41,43 %, що дозволяє рекомендувати його рецептуру до промислового виробництва.

Таблиця 5 – Поживна та енергетична цінність дослідних зразків

Показники	Контрольний зразок	ДЗ 1	ДЗ 2	ДЗ 3	ДЗ 4	ДЗ 5	ДЗ 6	ДЗ 7	ДЗ 8
Вміст білків, г/ 100 г продукту	10,25	10,19	10,14	9,99	10,25	10,25	9,99	10,69	10,72
Вміст жирів, г/ 100 г продукту	6,96	6,96	6,96	6,93	6,96	6,96	6,93	7,01	7,01
Вміст вуглеводів, г/ 100 г продукту	59,93	59,58	59,60	58,27	25,30	25,30	23,64	22,90	23,08
ЕЦ, ккал / 100 г продукту	343,40	341,69	341,56	335,44	204,88	204,88	196,92	197,47	198,32
ЕЦ втрати теплової обробки, ккал / 100 г продукту	311,84	310,28	310,15	304,58	185,79	185,79	178,52	179,09	179,86
ЕЦ засвоєння, ккал / 100 г продукту	292,96	291,49	291,39	286,13	172,45	172,45	165,62	165,86	166,59

Джерело: розроблено авторами.

Розрахований показник глікемічності для контрольного зразка складає 38,5, а для зразка 8 (з комплексом всіх трьох цукрозамінників) складає 15,95. Таким чином, заміна сахарози на екологічні натуральні цукрозамінники – еритрит, стевію та інулін дає змогу створити бісквітні напівфабрикати зі зниженою калорійністю та глікемічністю (понад 25 %). Хоча використання цукрозамінників підвищує собівартість продукції порівняно з традиційними рецептурами, соціальний ефект від виробництва функціональних виробів компенсує цей недолік.

Висновки. За результатами досліджень встановлено, що еритрит забезпечує найвищу піноутворювальну здатність порівняно із сахарозою, проте знижує стабільність піни. Введення інуліну в кількості 10 % до маси борошна дозволяє підвищити піностійкість та покращити структурно-механічні, фізико-хімічні й органолептичні показники тіста та готових виробів. Найбільш ефективною визначено композицію еритриту, стевії та інуліну. Енергетична цінність оптимального зразка становить 198 ккал проти 342 ккал у контролі, а глікемічність знижена на 41,43 %. Розроблений бісквітний напівфабрикат може бути віднесений до продуктів із редукованою калорійністю та глікемічністю.

Список використаних джерел

1. Дорохович, В. В. (2010). Розроблення технологій борошняних кондитерських виробів спеціального призначення. *Харчова наука і технологія*, (1), 82–85.
2. Сирохман, І. В., & Лозова, Т. М. (2008). Наукові спрямування у поліпшенні споживних властивостей та якості борошняних кондитерських виробів. *Наукові праці НУХТ*, (25), 40–43.
3. Дорохович, В. В., & Гуліч, М. П. (2007). Солодкі речовини – цукрозамінники: обґрунтування доцільності використання їх при виробництві борошняних кондитерських виробів. *Гігієна населених місць*, (50), 273–279.
4. Дорохович, В. В., & Абрамова, А. Г. (2013). Використання цукрозамінників нового покоління в технології бісквітів спеціального призначення. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*, 1(44), 153–157.
5. Dorokhovich, V. (2017). Innovative technologies of low-calorie pastry. *Scientific Works of NUFT*, 23(4), 199–206. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2017-23-4-26>.
6. Król, K., Ponder, A., & Gantner, M. (2019). The effect of sugar substitutes on selected characteristics of shortcrust pastry. *Acta Innovations*, (31), 57–63. <https://doi.org/10.32933/ActaInnovations.31.6>.
7. Gökçe, C. (2023). The use of carob flour and stevia as sugar substitutes in sponge cake: optimization for reducing sugar and wheat flour in cake formulation. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 32, Article 100732. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100732>.

8. Буяльська, Н. П., Ткаченко, Ю. Д., & Денисова, Н. М. (2018). Використання продуктів переробки цикорію коренеплідного в технології виробництва борошняних кондитерських виробів. *Технічні науки та технології*, (2), 196–203. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2018-2\(12\)-196-203](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2018-2(12)-196-203).
9. Struck, S., Jaros, D., Brennan, C. S., & Rohm, H. (2014). Sugar replacement in sweetened bakery goods. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(9), 1963–1976. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12617>.
10. Радченко, А. Е., & Юрченко, С. Л. (2021). Дослідження впливу еламіну та стевіозиду на в'язкість бісквітних напівфабрикатів. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*, (1), 177–187.
11. Petrova, O., Shevchuk, N., Ziuzko, A., & Barkar, Ye. (2024). Innovative technologies for the creation of low-calorie dairy products using plant components. *Animal Science and Food Technology*, 15(1), 92–108.
12. Буяльська, Н. П., & Денисова, Н. М. (2022). *Основи фізіології та гігієни харчування: Методичні вказівки до самостійної роботи*. НУ «Чернігівська політехніка».
13. Дорохович, А. М. та ін. (2009). *Спосіб визначення показника глікемічності харчового продукту* (Патент України № 40623). Державний реєстр патентів України.

References

1. Dorokhovych V. V. (2010). Rozroblennia tekhnolohii boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv spetsialnoho pryznachennia [Development of technologies for flour confectionery products for special purposes]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia – Food Science and Technology*, 1(10), 82–85.
2. Syrokhman I. V., & Lozova T. M. (2008). Naukovi spriamuvannia u polipshenni spozhyvnykh vlastyvosti ta yakosti boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv [Scientific directions in improving consumer properties and quality of flour confectionery products]. *Nauk. pratsi NUKhT – Scientific Works of National University of Food Technologies*, 25, 40–43.
3. Dorokhovych V. V., & Hulich M. P. Solodki rechovyny – tsukrozaminnyky: obhruntuvannia dotsilnosti vykorystannia yikh pry vyrobnytstvi boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv [Sweeteners – sugar substitutes: rationale for their use in the production of flour confectionery products]. *Hihiiena naselenykh mist – Hygiene of populated places*, 50, 273–279.
4. Dorokhovych V. V., & Abramova A. H. (2013). Vykorystannia tsukrozaminnykiv novoho pokolinia v tekhnolohii biskvitiv spetsialnoho pryznachennia [Using next-generation shugar substitutes in technology of sponge cake for special purposes]. *Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii – Scientific works of Odesa National Academy of Food Technologies*, 1(44), 153–157.
5. Dorokhovych V. (2017). Innovative technologies of low-calorie pastry. *Scientific Works of NUFT*, 23(4), 199–206. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2017-23-4-26>.
6. Król K., Ponder A., & Gantner M. (2019). The effect of sugar substitutes on selected characteristics of shortcrust pastry. *Acta Innovations*, 31, 57–63. <https://doi.org/10.32933/ActaInnovations.31.6>.
7. Gökçe C. (2023). The use of carob flour and stevia as sugar substitutes in sponge cake: optimization for reducing sugar and wheat flour in cake formulation. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 32, Article 100732. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100732>.
8. Buialska N. P., Tkachenko Yu. D., & Denysova N. M. (2018). Vykorystannia produktiv pererobky tsykoriu koreneplidnoho v tekhnolohii vyrobnytstva boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv [Use of the root chicory processing products in the production technology of flour confectionery products]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, 2(12), 196–203. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2018-2\(12\)-196-203](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2018-2(12)-196-203).
9. Struck S., Jaros D., Brennan Ch. S., & Rohm H. (2014). Sugar replacement in sweetened bakery goods. *International Journal of Food Science and Technology*, 49, 1963–1976. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12617>.
10. Radchenko A. E., & Iurchenko S. L. (2021). Doslidzhennia vplyvu elaminu ta steviozydu na viazkist biskvitnykh napivfabrykativ [Study of elamine and stevioside effect on the viscosity of sponge semi-finished products]. *Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli – Progressive equipment and technologies for food production, restaurant industry and trade*, 1(33), 177–187.

11. Petrova O., Shevchuk N., Ziuzko A., & Barkar Ye. (2024). Innovative technologies for the creation of low-calorie dairy products using plant components. *Animal Science and Food Technology*, 16(1), 92–108.

12. Buialska N. P., & Denysova N. M. (2022). *Osnovy fiziologii ta hiieny kharchuvannia: metod. vkazivky do samost. roboty dlia zdobuvachiv vyshch. osvity pershoho (bakalavr.) rivnia spets. 181 "Kharchovi tekhnologii"* [Fundamentals of Physiology and Hygiene of Food: Guidelines for Independent Study for Applicants for First-Level (Bachelor's) Degrees in Specialty 181 "Food Technology"]. Chernihiv National Polytechnic University.

13. Dorokhovych A. M., Kovbasa V. M., Hulich M. P., Dorokhovych V. V., & Yaremenko O. M. *Sposib vyznachennia pokaznyka hlikemichnosti kharchovoho produktu* [Method for determining the glycemic index of a food product]. (Ukraine Pat. 40623, MPK A 23 L 1/10). Ukrainian National Office for Intellectual Property and Innovation. <https://dspace.nuft.edu.ua/items/4da06ad4-71f8-4aca-8014-0614ddde3b10>.

Дата першого надходження статті до видання: 18.11.2025
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 05.12.2025

UDC 664.681.2

Nataliia Buialska¹, Natalya Denisova²

¹PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology and Ecology Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine)

E-mail: buialska@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6800-5604>. ResearcherID: G-2935-2014

²PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology and Ecology Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine)

E-mail: 4386793@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5967-2815>. ResearcherID: JFS-1548-2023

REDUCING THE GLYCEMIC RATE OF SPONGE CAKE PRODUCTS THROUGH THE USE OF ECOLOGICALLY SAFE SUGAR SUBSTITUTES OF PLANT ORIGIN

Excess sugar in foods can have adverse effects on human health. Therefore, it's important to develop food products with a low glycemic index. This is especially true for baked products, which are a daily part of the diet of many people not only in Ukraine but also in other countries.

The use of sugar substitutes is one of the most widely known methods for lowering the glycemic index of foods. Natural sugar substitutes should be considered the most ecologically safe. However, their use in the production of various baked products requires further research.

An analysis of research and publications has shown that, to date, insufficient attention has been paid to issues related to the use of erythritol, inulin and stevia in the formulation of sponge cake products to reduce their glycemic content.

The aim of the study was to analyze the possibility of reducing the glycemic index of semi-finished sponge cake products by replacing sucrose with a combination of natural sugar substitutes, such as erythritol, inulin, and stevia, while maintaining the quality of the products.

The feasibility of using erythritol, inulin, and stevia in sponge cake recipes to reduce their glycemic index is substantiated in the article. The influence of these ingredients on the glycemic response, as well as the structural, mechanical, and organoleptic properties of finished products, are established. The combined effect of erythritol and inulin on the rheological properties of sponge cake dough and the quality of finished products is studied.

Optimal ratios of sugar substitutes that reduce the glycemic index without degrading the consumer properties of sponge cake products are substantiated. New experimental data on the effect of inulin as a functional ingredient on the texture, water-binding capacity, and nutritional value of low-glycemic sponge cake products were obtained. The possibility of producing functional sponge cake products using erythritol, stevia extract, and inulin, suitable for consumption by individuals with carbohydrate metabolism disorders and those committed to a healthy diet, was proven.

Keywords: semi-finished sponge cake product; sugar substitutes; glycemic index; erythritol; inulin; stevia.

Table: 5. Fig. 5. References: 13.