

УДК 664.681.2

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF SEMI-FINISHED BISCUIT USING INSECT PROCESSING PRODUCTS

A. Rozhenko, O. Melnyk

Sumy National Agrarian University

Key words:

Organoleptic properties,
Proteins,
Crickets,
Flour confectionery

Article history:

Received 09.10.2023
Received in revised form
30.11.2023
Accepted 04.12.2023

Corresponding author:

alinka01rozenko@gmail.com

ABSTRACT

One of the potentially promising areas of development is the use of insect processing products for the production of confectionery products. Consumers of confectionery products often pay attention to cakes and pastries, which are made from biscuit semi-finished products. However, from the point of view of nutrition, such products have a high calorie content, low biological value and insufficient content of vitamins and minerals. One of the technological problems in the production of biscuits can be an insufficient amount of protein in their composition. Protein plays an important role in forming the structure of the dough and ensuring its strength, which allows biscuits to retain their shape. Insects contain a significant amount of protein and other nutrients that can be used for food production. For example, crickets and other types of insects are a source of high-quality protein and other nutrients. The idea of using flour from crickets for the production of semi-finished biscuits is an innovative and promising direction in the food industry. Cricket flour is a high-protein and extremely nutritious product that can be used as an ingredient for the production of various types of products. It is made by grinding crickets, which contain a significant amount of protein, fats, carbohydrates, vitamins and minerals. The article theoretically substantiates and practically proves the use of insect processing products (cricket flour), which contain valuable biologically active substances: proteins, vitamins, macro- and microelements, etc. The effect of cricket flour on the organoleptic and physico-chemical indicators of the quality of finished products was studied and it was established that the optimal content of cricket flour in a biscuit is 10%.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-10

© А. С. Роженко, О. Ю. Мельник, 2023

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БІСКВІТНОГО НАПІВФАБРИКАТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ КОМАХ

А. С. Роженко,

О. Ю. Мельник, канд. техн. наук

Сумський національний аграрний університет

Використання борошна з цвіркунів для виробництва бісквітного напівфабрикату — це перспективний напрямок у харчовій промисловості. Борошно з цвіркунів є високобілковим і надзвичайно поживним продуктом, який може стати інгредієнтом для виробництва різних видів продуктів. У статті теоретично обґрунтовано та практично доведено доцільність використання продуктів переробки комах (борошна із цвіркунів), які мають у своєму складі біологічно активні речовини: білки, вітаміни, макро- та мікроелементи тощо. Досліджено вплив борошна цвіркунів на реологічні властивості тіста, органолептичні та фізико-хімічні показники якості готових виробів і встановлено оптимальний вміст борошна цвіркунів у бісквіті, який складає 10% до маси пшеничного борошна.

Ключові слова: органолептичні властивості, білки, борошно із цвіркунів, вітаміни, борошняні кондитерські вироби.

Постановка проблеми. Споживачі кондитерських виробів часто звертають увагу на торти й тістечка, які виготовлені з бісквітних напівфабрикатів. Однак з позиції нутриціології такі вироби мають високу калорійність, низьку біологічну цінність та недостатній вміст вітамінів і мінералів [1].

У сучасному світі харчова промисловість активно працює над розширенням асортименту харчових продуктів, які були б найбільш екологічно чистими та здоровими для споживача. Одним із потенційно перспективних напрямків розвитку є використання нетрадиційної сировини, продуктів переробки комах [2]. Зараз спостерігається значний інтерес до вивчення властивостей борошна з цвіркунів для його подальшого використання у виробництві харчової продукції. Так, науковцями [3] досліджено мікробіологічні, харчові та біоактивні властивості порошку з цвіркунів. Отримані результати свідчать, що порошок з цвіркунів є джерелом білку, в жирно-кислотному профілі якого домінують насичені жирні кислоти, а білковий гідролізат має антиоксидантні властивості.

Велика кількість досліджень у галузі використання борошна комах свідчить про актуальність цього напрямку в харчовій промисловості. Однією з розробок, яка заслуговує на увагу, є дослідження [4], що розглядає вплив борошна з цвіркунів на реологічні та структурно-механічні властивості тіста чапаті, хлібців з цільнозернового борошна. За результатами проведених досліджень додавання борошна з цвіркунів у кількості 5,0% дає змогу отримати продукт, структурно-механічні властивості якого близькі до аналогу [4].

Крім того, проводилися дослідження з визначення можливості використання борошна з цвіркунів у виробництві вівсяного печива [5]. Отримані результати свідчать, що додавання незначної кількості борошна з цвіркунів змінює колір виробу та підвищує кислотність, однак не впливає на текстуру тіста та готового виробу. Встановлено, що використання борошна комах сприяє не тільки підвищенню харчової цінності готового продукту, а й покращує технологічні показники й органолептичні властивості виробів [5].

Ці висновки підкреслюють необхідність подальшого наукового вивчення та експериментального дослідження можливих переваг у використанні борошна комах у виробництві харчових продуктів, зокрема у кондитерській галузі.

Комахи містять значну кількість білка та інших поживних речовин, що можуть бути використані для збагачення харчових продуктів. Наприклад, цвіркуни та інші види комах є джерелом високоякісного білка, незамінних амінокислот та інших біологічно-активних речовин [6].

Борошно із цвіркунів — це добавка, яка виробляється шляхом помелу спеціальних підготовлених і висушених цвіркунів. Цвіркунів домашніх (*Acheta Domesticus*), зазвичай, вирощують на так званих фермах. Продукти переробки цвіркунів використовують для виробництва хлібобулочних, кондитерських виробів, снєків та іншої продукції як джерело білків, жирів, вуглеводів, вітамінів і мінеральних речовин. Зокрема, це борошно містить вітаміни групи В, такі як тіамін і рибофлавін, вітамін В₁₂, який не може бути отриманий з рослинної їжі, тому досліджувана сировина є важливим джерелом цього вітаміну для вегетаріанців і веганів.

Крім того, борошно із цвіркунів містить значну кількість мінеральних речовин, таких як залізо, цинк, магній і фосфор [7]. Харчова та біологічна цінність борошна з цвіркунів порівняно з пшеничним представлена в табл. 1.

Таблиця 1. Харчова та біологічна цінність борошна

Найменування речовини	Борошно пшеничне в/с	Борошно з цвіркунів
	Вміст в 100 грамах борошна	
Енергетична цінність, ккал	327	464
Жири, г	0,9	20
Вуглеводи, г	74,2	0,5
Клітковина, г	3,5	9,5
Білки, г	10,3	70
Залізо, мг	1,26	6
Магній, мг	25	15
Вітамін В ₁₂ , мг	—	6
Тіамін, мг	0,194	0,03
Рибофлавін, мг	0,072	0,03

Отже, борошно з цвіркунів містить у 7 разів більше білка, ніж пшеничне борошно вищого сорту, та у 3 рази більше клітковини.

Борошно із цвіркунів вважається стійким до окислення та має довгий термін зберігання. Протеїн цвіркуна вважається повноцінним, оскільки він містить усі незамінні амінокислоти. Ці амінокислоти — лейцин, ізолейцин, валін, метіонін, триптофан, треонін, лізин і фенілаланін, вважаються «незамінними», тому що організм людини повинен отримувати їх з їжею. Лейцин, наприклад, є амінокислотою з розгалуженим ланцюгом (BCAA), яка має вирішальне значення для росту м'язів. Триптофан необхідний для вироблення гормону сну (мелатоніну) і хімічної речовини щастя (серотоніну).

Цвіркунове борошно має високий вміст вітамінів групи В. Вітамін В₁₂, про який згадувалося вище, утворює з фолієвою кислотою комплекси для синтезу ДНК і виробництва еритроцитів. Якщо в організмі недостатньо вітаміну В₁₂ можуть виникати запаморочення, анемія, депресія та інші розлади. Крім того, вітаміни рибофлавін і біотин є важливими біологічно-активними речовинами, входять до складу ферментів та підтримують здоров'я шкіри [6].

Отже, для поліпшення харчової та біологічної цінності бісквітних виробів, використання нової сировини, зокрема борошна із цвіркунів, може бути перспективним способом збагачення бісквітних виробів вітамінами та мінералами. Крім того, використання нової нетрадиційної сировини може стимулювати розвиток нових продуктів функціонального призначення, що задовольнятимуть потреби споживачів у більш здорових і поживних кондитерських виробах.

Мета дослідження полягає у визначенні перспектив використання борошна комах у виробництві бісквіту для підвищення харчової та біологічної цінності і надання готовому продукту нових смако-ароматичних властивостей.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження є технологія приготування бісквітних виробів з додаванням цвіркунового борошна.

Предметом дослідження є борошно із цвіркунів, напівфабрикат тіста для бісквітів, бісквітні вироби з використанням борошна із цвіркунів.

Для дослідження якості бісквітів було застосовано метод визначення в'язкості бісквітного тіста. Ефективну в'язкість бісквітного тіста визначали на ротаційному віскозиметрі РЕОТЕСТ-2, з використанням циліндрів S_1 та S_2 при температурі 20 °C [8].

Метод визначення пружності включає в себе вимірювання ступеня м'якості чи твердості бісквітного напівфабриката з використанням пенетрометра.

Метод органолептичних показників готової продукції (ДСТУ 4518:2008). Органолептичний метод — це метод, який визначає якість продуктів за допомогою органів чуття (смаку, нюху, зору, слуху, дотику.) Під час органолептичної оцінки визначали: зовнішній вигляд, стан м'якушки, смак, аромат, наявність хрусту [9].

Визначення енергетичної цінності проводилось розрахунковим методом. Принцип цього методу полягає у використанні фізичних або хімічних даних про склад і властивості речовини для обчислення її енергетичної цінності [10].

Результати досліджень. Для вирішення поставленої мети борошна з цвіркунів вносили у кількості 5%, 10% та 15% від маси борошна. За аналог брали рецептуру бісквіту круглого.

Технологія приготування бісквіта: яєчні білки охолоджують, потім збивають їх протягом 20—30 хв, спочатку на низькій, а потім на високій швидкості до того моменту, поки маса не збільшиться в об'ємі в 6—7 разів. Лимонну кислоту додають в кінці збивання. Окремо вбивають яєчні жовтки разом із цукром-піском протягом 10—15 хвилин. Після додавання есенції та борошна збивають масу протягом ще близько 5—8 секунд. Потім обережно додають збиті білки та перемішують до однорідності. Готове тісто має бути пишним, насиченим повітрям, без грудочок, кремового кольору та густої консистенції.

Бісквітне тісто одразу розкладають на кондитерські листи, покриті папером. Випікають при температурі 190—210 °C протягом 15—30 хвилин. Готові коржі охолоджують та вистояють протягом 8 год при температурі 15—20 °C, після чого їх знімають з паперу та очищають [11].

Було проведено серію експериментів з варіюванням кількості борошна з цвіркунів у складі бісквітного напівфабрикату. Кожен експеримент включав приготування бісквітного тіста з використанням зазначеної кількості борошна з цвіркунів, дослідження реологічних властивостей тіста, випікання бісквітного напівфабрикату та визначення органолептичних і фізико-хімічних показників якості готового виробу. Після приготування тіста були проведені вимірювання його основних характеристик, таких як структура, текстура, смакові властивості.

Було визначено залежність впливу цвіркунового борошна на ефективну в'язкість бісквітного тіста (рис. 1).

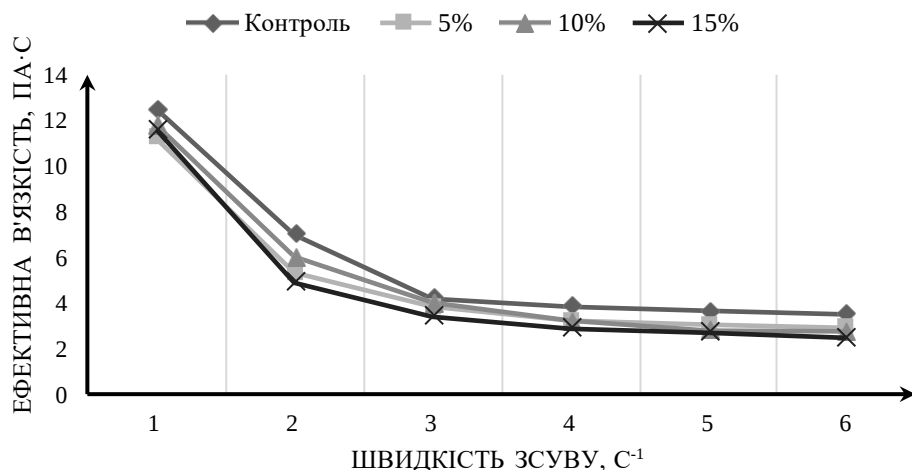


Рис. 1. Залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву

Аналіз одержаних результатів розкриває деякі закономірності. Вивчення кривих течії всіх проб показує, що рідина, яка використовувалася, є неньютонівською. У цій рідині в'язкість зменшується зі збільшенням швидкості зсуву. Найвиразніше зниження в'язкості спостерігається в тісті при швидкості зсуву 3 с^{-1} . При подальшому збільшенні швидкості зсуву зменшення ефективної в'язкості стає менш виразним, і в усіх пробах спостерігається схильність до досягнення сталої в'язкості: $3,6 \text{ Па}\cdot\text{с}$ для контрольного зразка і $2,5 \text{ Па}\cdot\text{с}$ для зразка з додаванням борошна з цвіркунів у кількості $15,0\%$. Підвищення швидкості зсуву призводить до руйнування структури пінного бісквітного тіста, що, у свою чергу, призводить до зниження в'язкості. При збільшенні швидкості зсуву (від 6 до 12 с^{-1}) виявлено, що в'язкість у всіх випадках залишається сталою і відповідає в'язкості при швидкості зсуву 6 с^{-1} . Залежність напруги зсуву від швидкості зсуву зображено на рис. 2.

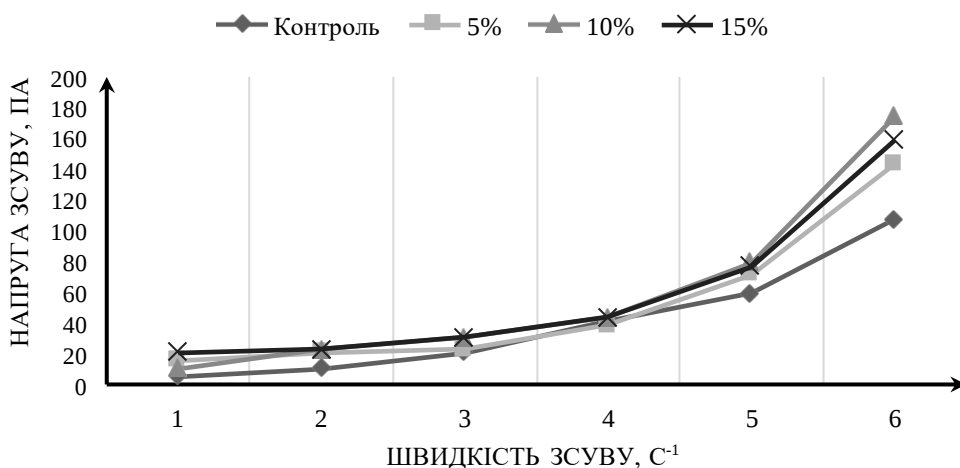


Рис. 2. Залежність напруги зсуву від швидкості зсуву

Треба також відзначити, що при швидкості зсуву 12 с^{-1} напруга зсуву в зразку з найбільшим вмістом борошна з цвіркунів (15,0%) зменшується порівняно з контрольним зразком. Імовірно, це зумовлено високою здатністю цвіркунового борошна поглинати воду, і його додавання розріджує структуру системи, що призводить до цього ефекту. Проте експеримент показав, що додавання борошна з цвіркунів до рецептури бісквітного тіста майже не впливає на його в'язкість. Найкращі результати з точки зору ефективної в'язкості показують контрольний зразок та зразок бісквіту з 10% вмістом борошна з цвіркунів.

Наступним етапом дослідження стало дослідження органолептичних і фізико-хімічних показників якості готового виробу. Органолептичні показники визначали описовим методом і методом бальної оцінки якості бісквітного напівфабрикату.

Органолептичні показники якості бісквіту з додаванням різної кількості борошна із цвіркунів наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика органолептичних показників бісквіту

Показник	Предмети дослідження			
	Традиційний бісквіт	Бісквіт з додаванням 5,0% борошна із цвіркунів	Бісквіт з додаванням 10,0% борошна із цвіркунів	Бісквіт з додаванням 15,0% борошна із цвіркунів
Зовнішній вигляд	Поверхня без дефектів та ушкоджень			
Вид у розрізі	Пористість у напівфабрикату доброї якості і відсутні сліди неоднорідності			
Стан м'якушки	Ніжна, пориста структура			
Пористість	Тонко-стінна, рівномірна, крупна	Тонкостінна, рівномірна, крупна	Тонкостінна, рівномірна, середня	Грубостінна, дрібна
Смак	Має солодкий смак притаманний бісквітному виробу	Має солодкий смак притаманний бісквітному виробу	Виразний солодкий смак з відтінками горіхів	Виразний солодкий смак з відтінками горіхів
Запах	Запах притаманний бісквітному напівфабрикату	Запах притаманний бісквітному напівфабрикату	Має ненав'язливий аромат волоських горіхів	Має насичений аромат волоських горіхів
Колір	Бежевий	Блідо-зелений	Світло-зелений	Оливковий

Таблиця 3. Порівняльна характеристика органолептичних показників досліджуваних зразків бісквітів методом бального оцінювання

Найменування продукту	Оцінка продукту за п'ятибальною шкалою					Загальна оцінка в балах
	Зовнішній вигляд	Колір	Запах, аромат	Консистенція	Смак	
Бісквіт звичайний	5	5	5	5	5	25
Бісквіт із додаванням 5,0% борошна із цвіркунів	5	5	5	5	5	25
Бісквіт із додаванням 10,0% борошна із цвіркунів	5	5	5	5	5	25
Бісквіт із додаванням 15,0% борошна із цвіркунів	4	5	5	3	3	20

З табл. 3 видно, що раціональним вмістом добавки цвіркунового борошна методом бального оцінювання встановлено 10,0% від маси пшеничного борошна. На основі проведеної органолептичної оцінки доцільно відобразити результати дослідження у вигляді рис. 3, на якому зображена профілограма органолептичних показників якості досліджуваних бісквітів.

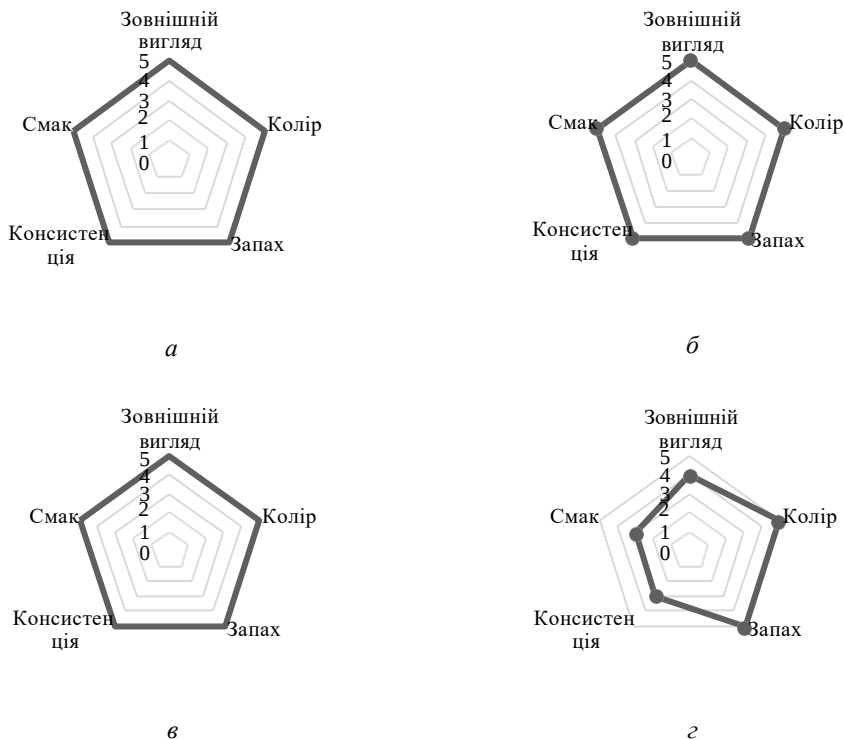


Рис. 3. Профілограма органолептичних показників досліджуваних зразків бісквітів:
а) оцінка бісквіта звичайного; б) оцінка бісквіта з додаванням 5,0% борошна цвіркунів; в) оцінка бісквіта з додаванням 10,0% борошна цвіркунів; г) оцінка бісквіта з додаванням 15,0% борошна цвіркунів

Враховуючи те, що підвищення вмісту досліджуваної сировини до 15,0% погіршує якість бісквіту, а додавання цвіркунового борошна у кількості 5,0—10,0% не впливає на якість, однак підвищує поживну цінність готового виробу, ми прийшли до висновку, що найбільш раціонально використовувати добавку борошна цвіркунів у кількості 10,0% до маси борошна для підвищення харчової та біологічної цінності готового продукту. Перевагами додавання борошна із цвіркунів є надання виробам приємного горіхового смаку й аромату, м'якушка бісквіта стала світло-зеленого кольору. Випечений бісквітний напівфабрикат має піноподібну структуру і характеризується наявністю пористої м'якушки з однорідною пористістю.

Використання нової сировини, яка характеризується підвищеним вмістом білка, може впливати на пружність виробу, стан і характеристики пористості, тому доцільно було визначити зміну пружності готового бісквіту залежно від кількості внесеного борошна з цвіркунів.

Пружність бісквіта впливає на його текстуру та аеродинамічні властивості, такі як легкість, м'якість і податливість. Чим більша пружність, тим більш легкий та по-

вітряний буде бісквіт. Пружність забезпечується взаємодією розпушувальних агентів, таких як пекарський порошок або сода, які в процесі випікання сприяють утворенню пористої м'якушки та повітряної структури бісквіту. Крім того, основну частину води в бісквіті зв'язує клейковина пшеничного борошна та крохмаль, тому заміна частини пшеничного борошна на цвіркунове борошно також буде впливати на якість готового виробу.

Отже, пружність є важливим чинником, який визначає якість і характеристики бісквіта. Значення пружності бісквіта в досліджуваних зразках представлено на рис. 3.

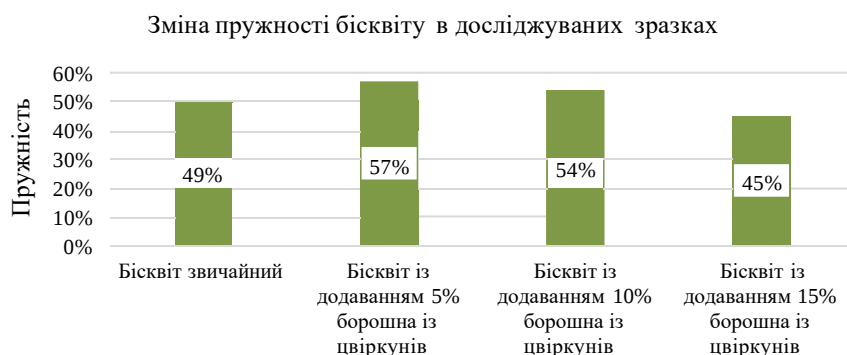


Рис. 4. Зміна пружності бісквіта в досліджуваних зразках

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що додавання борошна з цвіркунів в кількості від 5,0 до 10,0 % сприяє підвищенню пружності готового виробу, збільшення кількості цвіркунового борошна у складі бісквіту викликає зменшення пружності бісквіту та підвищує щільність м'якушки. Дозування нової сировини у співвідношенні до інших інгредієнтів має бути належним чином збалансовано, щоб забезпечити оптимальну пружність бісквіта.

Нестача білка в організмі людини може призвести до зниження маси тіла та апетиту, порушення процесів травлення, збільшення втомлюваності, підвищення рівня захворюваності та інших негативних факторів, тому виробництво кондитерських виробів з низьким вмістом вуглеводів і високим вмістом білка є важливим завданням нашого дослідження.

Оскільки метою нашої роботи було підвищення харчової та біологічної цінності бісквіту за рахунок використання нової сировини з високим вмістом білку, наступним етапом став розрахунок харчової та біологічної цінності готового виробу.

Розрахунок харчової та енергетичної цінності бісквіта з додаванням цвіркунового борошна (10,0%) наведений у табл. 4.

Таблиця 4. Розрахунок харчової та енергетичної цінності бісквіта із цвіркунового борошна

Найменування інгредієнтів	Білки, г	Вуглеводи, г	Жири, г	Енергетична цінність, ккал
Розрахунок на 100 г готового виробу				
Борошно пшеничне	3,61	24,5	0,39	117
Цукор-пісок	—	33,9	—	135
Жовтки яєчні	5,39	1,22	9,02	109

Продовження таблиці 4

Білки яєчні	5,56	0,37	0,09	27
Лимона кислота	—	—	—	—
Борошно із цвіркунів	2,8	0,02	0,8	19
Всього:	24,6	60,01	10,3	

Таблиця 5. Харчова та біологічна цінність бісквіту з додаванням борошна із цвіркунів

Найменування поживної речовини	Вміст речовин, г	Добова норма споживання, г	На скільки % задовольняються добові потреби
Білок, г	24,6	60,0	41,0
Жир, г	10,3	60,0	17,2
Вуглеводи, г	60,01	180,0	33,3
Вітаміни, мг:			
В ₁	0,234	1	23,4
В ₂	0,61	1,2	50,8
В ₄	293,8	450	65,3
В ₅	1,8	7	25,7
Залізо	8,6	17	50,6
Магній	40	320	12,5
Калій	278	3500	7,9
Фосфор	649	1250	51,9
Цинк	4,1	15	27,3

Отже, аналіз результатів підтвердив, що саме вміст борошна комах на рівні 10,0% у рецептурі бісквіту сприяє оптимізації білкового складу виробу, забезпечуючи підвищення біологічної цінності та балансу макро- та мікроелементів. Цей вміст є досить збалансованим, з урахуванням збереження консистенції та смакових якостей бісквіту, а також має економічну доцільність у виробництві.

Висновки. Дослідження показали, що використання цвіркунового борошна у виробництві бісквітних напівфабрикатів є перспективним напрямком інноваційного розвитку кондитерського виробництва. Це борошно впливає на текстуру бісквіту, роблячи її більш м'якою та ніжною, також здійснює позитивний вплив на органолептичні показники готового виробу, підвищує харчову та біологічну цінність бісквіту, збагачуючи склад важливими мікроелементами та вітамінами. Використання інноваційної сировини дає змогу отримати продукт з покращеними характеристиками та функціональними властивостями, що буде сприяти підвищенню конкурентоспроможності на ринку кондитерських виробів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бузінька, І. В., Присяжна, М. І. Стан і тенденції розвитку кондитерської галузі та ринку борошняних кондитерських виробів. Творчий пошук молоді — курс на ефективність: зб. тез доп. IX Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. молодих учених, аспірантів, студентів, 21 березня 2018 р. Хмельницький: ХКТЕІ, 2018. С. 319—321.
2. Biró, B., Sipos, M. A., Kovács, A., Badak-Kerti, K., Pásztor-Huszár, K., & Gere, A. (2020). Cricket-enriched oat biscuit: technological analysis and sensory evaluation. *Foods*, 9(11), Article 1561. <https://doi.org/10.3390/foods9111561> [in English].
3. Concetta Maria Messina, Raimondo Gaglio, Maria Morghese, Marco Tolone, Rosaria Arena, Giancarlo Moschetti, Andrea Santulli, Nicola Francesca, and Luca Settanni. Microbiological Profile and Bioactive Properties of Insect Powders Used in Food and Feed Formulations *Foods*, 2019, 8, 400. doi:10.3390/foods8090400.

4. Cristina M. González, Raquel Garzón, Cristina M. Rosell. Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 51. 2019. P. 205—210.
5. Habiba Khatun, Mik Van Der Borgh, Mohammad Akhtaruzzaman and Johan Claes. Rheological Characterization of Chapatti (Roti) Enriched with Flour or Paste of House Crickets (*Acheta domestica*). *Foods*, 2021, 10, 2750. URL: <https://doi.org/10.3390/foods10112750>.
6. Barbara Biró, Mária Anna Sipos, Anikó Kovács, Katalin Badak-Kerti, Klára Pásztor-Huszár and Attila Gere. Cricket-Enriched Oat Biscuit: Technological Analysis and Sensory Evaluation. *Foods*, 2020, 9, 1561. URL: [doi:10.3390/foods9111561](https://doi.org/10.3390/foods9111561).
7. González, C. M., Garzón, R., & Rosell, C. M. (2019). Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 51, 205—210. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.03.021> [in English].
8. RD J. K. M. Eating Crickets: Benefits and Downsides. Healthline. URL: <https://www.healthline.com/nutrition/eating-crickets#bottom-line> (date of access: 27.05.2023).
9. Методи визначення в'язкості — Wiki THTY. Wiki THTY. URL: https://wiki.tntu.edu.ua/Методи_визначення_в'язкості (дата звернення: 27.05.2023).
10. Органолептичний метод. Pidru4niki. URL: https://pidru4niki.com/1647041363826/tovaroznavstvo/organoleptichniy_metod (дата звернення: 27.05.2023).
11. Методика виконання самостійної роботи. *StudFiles*. URL: <https://studfile.net/preview/1785255/page:74> (дата звернення: 07.10.2023).
12. Павлов, В. Збірник рецептур борошняних кондитерських та здобних булочних виробів: навчально-практичний посібник. 2-ге вид. ПрофКнига, 2019. 340 с.