



Copyright (c) 2025 Anna Helikh

Ця робота ліцензується відповідно до [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) / This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Анна Геліх

## НИЗЬКОАЛЕРГЕННЕ ПІСОЧНЕ ПЕЧИВО ЗБАГАЧЕНЕ ПОРОШКОМ МАНІОКА ТА АЛЬТЕРНАТИВНИМ БІЛКОМ ДЛЯ ХАРЧУВАННЯ ВІЙСЬКОВИХ



Anna Helikh

### LOW-ALLERGENIC SHORT COOKIES ENRICHED WITH CASSAVA POWDER AND ALTERNATIVE PROTEIN FOR MILITARY NUTRITION

#### АНОТАЦІЯ

Для створення гіпоалергенного пісочного печива досліджено маніок (*Manihot esculenta* Crantz) та ізолят білка равликів (*Helix pomatia*). Маніок містить крохмаль (11,2 %), цукри (4,7 %), волокна (3,8 %) та пігменти. Ізолят равликів (93 % білка) використано як заміну яєць для дієтичного та військового харчування. Мікрохвильова вакуумна сушка маніоку покращила його якість та зберегла антиоксиданти. Мікрохвильова вакуумна сушка маніоку дозволила отримати порошок з підвищеним вмістом крохмалю (43 %), цукрів (18 %), волокон (14,6 %) та збереженими барвниками. У печиві порошок маніоку замінив крохмаль, цукор, барвники та глютен, а ізолят равликів - яйця. У рецептурі використано 38 % маніоку та 3,48 % ізоляту равликів. Пшеничне борошно замінено на 80 % низькоглютенового та 20 % маніокового порошку. У порівнянні зі стандартним пісочним печивом, дослідний зразок продемонстрував збільшення вмісту білка на 24,3 %, досягнувши показника 9,2 г на 100 г продукту. Аналогічно, вміст дієтичних волокон зріс на 74,6 % до 10,3 г/100 г, а вміст золи збільшився на 155,6 %, склавши 2,3 г/100 г. Вміст жиру в пісочному печиві, збагаченому маніоковим порошком та ізолятом білка равликів, зазнав зменшення на 7,5 %, вміст вуглеводів знизився на 11,5 %, а енергетична цінність продукту зменшилась на 8 %, досягнувши 407,8 ккал на 100 г. Текстульні характеристики печива покращилися, що проявилось у зменшенні його твердості на 48 %. При цьому, показники крихкості майже не змінилися, зменшившись лише на 2 % у порівнянні зі звичайним пісочним печивом. Ці зміни зробили печиво з додаванням маніокового порошку та ізоляту білка равликів більш привабливим для споживачів.

**Мета роботи.** Розробка низькоалергенного печива без глютену та яєць, з підвищеним вмістом білка та мінералів, для дієтичного та військового харчування.

**Наукова новизна.** Полягає у визначенні ефективності використання порошку маніоку та ізоляту білка равликів у пісочному тісті.

**Методологія.** Під час проведення роботи використовували фізико-хімічні та органолептичні методи досліджень. Опрацювання результатів здійснювали за допомогою баз даних MS Excel.

**Висновки.** Позитивні зміни у харчовій цінності, текстурі, зниження глютену, підвищення білка та наявність біоактивних компонентів роблять маніок та ізолят равликів перспективними для дієтичного та військового харчування.

**Ключові слова:** альтернативні білки, харчовий барвник, оптимізація рецептури, стандарт якості, військове та дієтичне харчування

#### ABSTRACT

To create hypoallergenic shortbread cookies, cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and snail protein isolate (*Helix pomatia*) were studied. Cassava contains starch (11.2 %), sugars (4.7 %), fiber (3.8 %), and pigments. Snail isolate (93 % protein) was used as an egg substitute for dietary and military nutrition. Microwave vacuum drying of cassava improved its quality and preserved antioxidants. Microwave vacuum drying of cassava yielded a powder with increased starch content (43 %), sugars (18 %), fiber (14.6 %), and preserved natural pigments. In the cookies, cassava powder replaced starch, sugar, pigments, and gluten, while snail isolate replaced eggs. The recipe used 38 % cassava and 3.48 % snail isolate. Wheat flour was replaced with 80% low-gluten wheat flour and 20 % cassava powder. Compared to standard shortbread cookies, the experimental sample showed a 24.3 % increase in protein content, reaching 9.2 g per 100 g of product. Similarly, dietary fiber content increased by 74.6 % to 10.3 g/100 g, and ash content increased by 155.6 %, reaching 2.3 g/100 g. The fat content in shortbread cookies enriched with cassava powder and snail protein isolate

decreased by 7.5 %, carbohydrate content decreased by 11.5 %, and the product's energy value decreased by 8 %, reaching 407.8 kcal per 100 g. The cookies' textural characteristics improved, as evidenced by 48 % reduction in hardness. At the same time, the friability indicators remained almost unchanged, decreasing by only 2 % compared to regular shortbread cookies. These changes made cookies with added cassava powder and snail protein isolate more appealing to consumers.

**Objective:** To develop hypoallergenic, gluten-free, and egg-free cookies with increased protein and mineral content for dietary and military nutrition.

**Scientific Novelty:** Determination of the effectiveness of using cassava powder and snail protein isolate in shortbread dough.

**Methodology:** Physicochemical and organoleptic research methods were used during the study. Data processing was performed using MS Excel databases.

**Conclusions:** Positive changes in nutritional value, texture, gluten reduction, protein increase, and the presence of bioactive components make cassava and snail isolate promising for dietary and military nutrition.

**Key words:** alternative proteins, food coloring, recipe optimization, quality standard, military and dietary nutrition

## Постановка проблеми

Дієти на основі рослинної сировини та альтернативних білків стають все більш популярними останнім часом, але харчові продукти на їх основі потребують допрацювання задля зменшення вмісту алергенів (наприклад глютену та яєчних продуктів) та забезпечення споживачів повноцінним білком в тому числі альтернативним. Занепокоєння споживачів щодо їхнього вибору продуктів харчування та їхніх можливих наслідків для здоров'я та навколишнього середовища призвело до помітних змін у моделях харчування та зростаючого переходу до споживання продуктів рослинного походження та альтернативних білків, переважно з метою сприяння здоровому способу життя, збереженню життя тварин та покращення екологічної стійкості (Bresciani & Marti, 2019; Estell et al., 2021; Małeckı et al., 2021; Nychas et al., 2021). Зростаюча обізнаність населення до якості харчових продуктів спонукає харчову галузь до створення нових рецептур та маркування їжі відповідно до її споживчих переваг (органічна, безглютенова, веганська, високопротеїнова їжа і т.п.) перед конкурентами (Shin et al., 2017). Найбільша частка ринку безглютенових та низькоалергенних продуктів припадає на Європу (Le Loan et al., 2021).

Включення порошку маніюки до рецептури та застосування ізоляту білка равликів як заміника яєчних продуктів відкриває нові горизонти для розробки продуктів, що відповідають сучасним вимогам здорового харчування. Порошок маніюки, або тапіоковий крохмаль, слугує цінною безглютеновою основою для

різноманітних страв, особливо для випічки. Його використання дозволяє створювати продукти, придатні для людей з целіакією та для тих, хто просто уникає глютену в раціоні. Порошок маніюки може бути використаний для формування текстури та структури, необхідних у кондитерських виробках, одночасно зменшуючи вміст традиційних алергенів, таких як глютен.

Ізолят білка равликів виступає інноваційним джерелом альтернативного білка, що привертає увагу споживачів, орієнтованих на здоровий спосіб життя та екологічну свідомість. Равлики є ефективним джерелом білка, а їх вирощування вважається більш екологічно стійким порівняно з традиційним тваринництвом. Використання ізоляту білка равликів як заміника яєць усуває з рецептур один з найпоширеніших харчових алергенів – яйця, та дозволяє створювати продукти, збагачені цінним білком. Такий підхід відповідає тенденціям споживання альтернативних білків та сприяє здоровому харчуванню.

Комбінація порошку маніюки та ізоляту білка равликів є особливо перспективною для створення кондитерських виробів, зокрема пісочного печива, орієнтованих на здорове харчування. Використання порошку маніюки як безглютенової основи та ізоляту білка равликів як заміника яєць та джерела білка дозволяє розробляти рецептури, що відповідають зростаючому попиту на низькоалергенні, рослинні та збагачені білком харчові продукти. Ці інновації є особливо актуальними на європейському ринку, де спостерігається значний попит на безглютенові та низькоалергенні продукти харчування, а також зростає інтерес до альтернативних джерел білка та здорового

способу життя. Розробка таких продуктів харчування є важливим кроком у задоволенні потреб споживачів, які прагнуть до здорових та етичних варіантів харчування.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Маніок як бульбовий коренеплід займає 7 місце у світовій статистиці посівів (Sawicka et al., 2020). Маніок (*Manihot esculenta* Crantz) в останні роки набув широкої популярності як здоровий продукт харчування. Маніок визнаний шостою за важливістю культурою у світі (Le Loan et al., 2021). Як основна продовольча культура, маніок став важливою частиною харчування населення планети (Vithu et al., 2019). Завдяки особливостям клімату Центральної Європи, що змінився завдяки впливу глобального потепління, маніок певних сортів можна використовувати на персональних енергонезалежних фермах України (Golovko et al., 2015). Маніок використовується як продовольча та непродовольча сировина в розвинутих країнах (Arianti & Harinta, 2021). Маніок багатий крохмалем, харчовими волокнами, мінералами, вітамінами та речовинами з антиоксидантною активністю (Rath et al., 2016; Van Hal, 2010). Низький вміст білка в маніоку може бути проблемою для його використання в технології збалансованого дієтичного харчування, але це можна вирішити використанням ізолятів білка з високими емульгуючими властивостями (Van Hal M., 2007; Dan Gao et al., 2022). Незважаючи на те, що він є багатим джерелом вуглеводів, він має низький глікемічний індекс (<55), що вказує на його можливість використання в дієтах, згідно рекомендацій ФАО-ВООЗ (Bjorck et al., 2000). Серед сортів маніоку було виявлено значні варіації в складі поживних речовин та різними показниками функціональних властивостей (Hossain et al., 2022; Abegunde et al., 2013). Маніок з різними відтінками кольору м'якоті має різні показники хімічного складу, біологічної цінності та різну кількість біологічно активних речовин у своєму складі (Tang et al., 2015). Маніок з яскраво-кремовою м'якоттю є одним з унікальних сортів бульб маніоку завдяки своїй значній користі для здоров'я у технології хлібобулочних виробів (Oluniyo et al., 2020).

Досліджується використання ізоляту білка нуту в безглютеновому печиві як потенційної заміни традиційних інгредієнтів. Хоча мова у дослідженні іде не саме про ізолят білка равликів, воно демонструє застосування ізоляту рослинного білка в печиві, вивчає його вплив на реологічні властивості тіста та кінцеву якість продукту. Це може бути релевантно для розуміння функціональності ізолятів білка в подібних кондитерських виробках (Sanaz et al., 2018).

Відомі дані про використання ізоляту сироваткового білка та яєчного білка в порошку для 3D-друку харчових продуктів. Розглянуто заміну яєць *ізолятом білка*, і вивчає вплив білкових інгредієнтів на текстуру, мікроструктуру та сенсорні характеристики пісочного печива. Це може бути цінним для розуміння ролі білків в структурі пісочного тіста (Lin et al., 2024).

Часто заміну яєчних продуктів в кондитерських виробках (бісквітному тістечку) здійснюють з використанням ізоляту картопляного білка. Автори досліджують, як ізолят картопляного білка може відтворити функціональні властивості яєць у бісквіті, оцінюючи фізико-хімічні, реологічні та сенсорні характеристики кінцевого продукту. Це дуже релевантна стаття, оскільки вона розглядає заміну яєць ізолятом білка в кондитерському виробі (Kim et al., 2024).

Досліджено використання ізоляту конопляного білка в безглютеновому печиві. Стаття демонструє, як ізолят рослинного білка може бути використаний для покращення поживних та технологічних властивостей печива. Це показує приклад застосування ізоляту білка в печиві для покращення його характеристик (Hedayati et al., 2022).

Звичайні способи випікання кондитерських та хлібобулочних виробів включають запікання на вугіллі та в духовці. Однак ці методи мають багато недоліків, включаючи тривалий час обробки, перегрів поверхні їжі та втрати поживних речовин (Tian et al., 2016; Sakin et al., 2009). Якщо раніше харчові продукти збагачувались різноманітними наповнювачами на основі зернових культур (висівки, зародки та паростки), то з виявленням глютену у пшениці та інших зернових культурах, натуральні наповнювачі почали робити з сухих овочів та протеїнових ізолятів (Liu et al., 2024; Helikh et al., 2021). Досліджені

можливості заміни глютенівмісної сировини іншими інгредієнтами, а також текстуруючими добавками, що підтвержені у існуючих технології кондитерських виробів (Bender Schonlechner, 2020). Виробництво кондитерських виробів пов'язане з використанням різноманітних інноваційних харчових добавок, що містять повноцінний рослинний білок, для задоволення потреб дієтичного (веганського та безглютенового) харчування населення (Gao et al., 2022). Виготовлення безглютенових кондитерських виробів з відповідною еластичністю та когезійністю залишається складною задачею. Продукти без глютену зазвичай мають низьку поживність і нижчі сенсорні та харчові властивості (Abdelsalam et al., 2021). Для підвищення органолептичних властивостей та харчової цінності низькоглютенових харчових продуктів доцільно використовувати харчові добавки багаті на повноцінний білок, такі як протеїновий ізолят (Helikh et al., 2020). Безглютенові кондитерські вироби були доповнені широким спектром добавок, таких як гідроколоїди, підкислювачі, емульгатори, розпушувачі і т.п. (Martínez-Villaluenga et al., 2020). Звичайне борошно, що природно містять глютен може бути деглутиноване за допомогою технологій біопроецесу (De Angelis et al., 2010). Однак, у цих композиціях безглютенових виробів відсутні харчові волокна та біоактивні сполуки, які обґрунтовано необхідні для нормальної життєдіяльності організму. Джерелами харчових волокон та золи у кондитерських виробках слугують насіння, шкірка, кісточки, стебла та серцевина фруктів та овочів, які можуть додати біологічну цінність продукту (Horwitz et al., 2006).

*Мета роботи:* визначити ефективність використання порошку маніоку *M. esculenta* отриманого методом мікрохвильової вакуумної сушки та ізоляту білка равликів у рецептурі пісочного тіста, створити нову рецептуру низькоалергенного кондитерського виробу зі зменшенням вмісту глютену та заміною яєчних продуктів, а також із підвищенням вмістом білка та мінеральних речовин, що дозволить використовувати пісочне тісто для дієтичного та військового харчування.

Для досягнення поставленої цілі необхідно:

- провести хімічний аналіз маніоку *M. esculenta*;
- провести хімічний аналіз порошку маніоку *M. esculenta*;
- розробити рецептуру печива збагаченого порошком маніоку та ізолятом білка равликів;
- дослідити хімічний склад печива збагаченого порошком маніоку та ізолятом білка равликів;
- провести аналіз показників текстури (твердість, ламкість) печива збагаченого порошком маніоку та ізолятом білка равликів;
- дослідити органолептичні показники характеристики печива збагаченого порошком маніоку та ізолятом білка равликів.

### Методологія

*Матеріали та сировина для дослідження.* Маніок *M. esculenta* врожаю 2024 року придбаний у фермерському господарстві в Кривому Розі, Україна. Ізолят білка равликів вироблений у Польщі і придбаний через маркетплейс Rozetka. Інші компоненти рецептури пісочного тіста були придбані у місцевих маркетах у місті Суми, Україна. Усі реактиви, використані в експерименті, були аналітичної якості.

*Технологія виготовлення пісочного тіста.* У якості Контролю було обране пісочне печиво, що виготовлене згідно ДСТУ 3781 «Печиво здобне, пісочне, без оздоблення».

*Приготування тіста.* У тістоміс поклали вершкове масло, додали цукровий пісок, меланж, сіль і вимішували 30 хв. до отримання однорідної маси. Потім всипали борошно і продовжували замішувати тісто 2 хвилини. Пісочне тісто повинно мати гладку поверхню без грудочок і слідів поганого вимішування.

*Формування.* Тісто розрізали на шматки по 2 кг і розкочували на столі в пласти. Потім пласти розрізали і качалкою перекладали на листи. Зайве тісто зрізали по краях листа. Перед випічкою поверхню тіста проколювали у кількох місцях, щоб не здувалася. Листи для випічки пісочного тіста не змащували. Тісто для кілець розкачували товщиною 6-10 мм.

*Випічка.* Тривалість запікання кілець при температурі 200-225 °C 10-15 хв.

*Визначення фізико-хімічного складу.* Проаналізовано хімічний склад зразків

маніоку *M. esculenta*, порошку з маніоку *M. esculenta* та пісочного тіста з додаванням порошку маніоку та ізоляту білка равликів, включаючи вимірювання білка, вологи, крохмалю, цукру та золи (Amerine et al., 2013). Вміст жиру аналізували за методом екстракції Сокслета, вміст білка – за методом К'ельдаля, загальний вміст харчових волокон – за допомогою ферментативно-гравіметричного методу (Amerine et al., 2013). Розрахунковим методом визначено енергетичну цінність пісочного тіста в ккал на 100 г.

*Мікрохвильова вакуумна сушка маніоку.* Свіжий маніок промили, почистили і нарізали скибочками діаметром 5 мм і товщиною 2 мм. Скибочки маніока спочатку рівномірно помістили на лоток, а потім у мікрохвильову вакуумну сушарку. Процес сушіння проводили при потужності НВЧ 750 Вт і ступеню вакууму 0,09 МПа. Після сушіння протягом 60 хв потужність мікрохвильової печі перемикали на 450 Вт, щоб продовжити сушіння. Процес сушіння припиняли, коли кінцева вологість скибочок маніока становила менше 6,5 %. Скибочки маніока подрібнювали, пропускали через сито, порошок маніока упаковували в поліетиленовий пакет і зберігали при 25 °С для подальшого використання.

*Структурний аналіз пісочного печива.* Аналіз характеристик текстури: Аналізатор текстури, обладнаний циліндричним зондом (P2), використовувався для визначення твердості та розривності пісочного тіста. Параметри були такими: випробувальна сила з використанням режиму проколу; попередня швидкість і тестова швидкість 1 мм/с; постшвидкість 5 мм/с і тестова відстань 10 мм; зусилля спуску 5,0 г. Для кожного зразка було проведено шість вимірювань і розраховано середнє значення.

*Органолептичні показники.* Десять експертів оцінювали пісочне тісто за методом Score Card для оцінки сенсорних параметрів, а саме: кольору, консистенції, аромату, смаку та загальної прийнятності (Helikh et al., 2020). Метод Score Card (карткова оцінка) є одним із методів сенсорного аналізу, який використовується для кількісної оцінки сенсорних властивостей продукту. Він передбачає

використання спеціально розроблених карток з критеріями оцінки (в даному випадку: колір, консистенція, аромат, смак, загальна прийнятність) та шкалами для їх вимірювання. Експерти, використовуючи ці картки, оцінюють кожен з критеріїв, присвоюючи відповідні бали. Отримані значення від учасників були оцінені за допомогою одностороннього дисперсійного аналізу та виражені як середнє значення.

*Статистичний аналіз.* Результати досліджень виражали у вигляді середнього значення при кількості дослідів  $n=6$  і стандартній похибці  $\alpha < 0,05$ . Повторення дослідів ( $n=6$ ) підвищує надійність результатів. Статистична значущість ( $\alpha < 0,05$ ) підтверджує, що отримані відмінності в сенсорних властивостях тіста є реальними, а не випадковими. Таким чином, представлені статистичні показники свідчать про те, що дослідження було проведено з дотриманням наукової методології, а отримані результати є достовірними та надійними.

*Наукова новизна полягає у том, що уперше досліджена можливість використання у рецептурі пісочного печива порошку маніоку *M. esculenta*, що виготовлений способом мікрохвильової вакуумної сушки, а також можливість повної заміни яєчних продуктів на альтернативний білок – порошок равликів.*

### Результати дослідження

Досліджено хімічний склад маніоку *M. esculenta*, вирощеного в Україні, для визначення його можливостей у технології пісочного печива. Загальний хімічний склад маніоку наведено в табл. 1.

Результати дослідження хімічного складу показали, що маніок *M. esculenta* має високу харчову та біологічну цінність. Це може бути пов'язано з тим, що маніок вирощувався на чорноземах в умовах малого фермерського господарства, що підвищило його харчову цінність. Маніок *M. esculenta* особливо багатий харчовими волокнами (3,8 %), білком (3,6 %) і золою (1,1 %), які мають вирішальне значення в дієтичному та повсякденному харчуванні населення.

Таблиця 1

Хімічний склад маніоку *M. esculenta*

Харчова цінність, г/100г	М'якоть маніоку <i>M. esculenta</i>
Волога	75,5
Крохмаль	11,2
Натуральні цукри	4,7
Харчові волокна	3,8
Білок	3,6
Жир	0,1
Зола	1,1

У технології кондитерських виробів маніок використовують у вигляді порошку. Порошок з маніока виготовляється мікрохвильовою вакуумною сушкою, що є одним з інноваційних методів сушіння овочів. Порошок маніока добре зберігається (до 2 років) при стандартних складських

умовах і має багато способів застосування на харчових підприємствах.

Хімічний склад порошку маніоку *M. esculenta* дозволить розрахувати оптимальну рецептуру кондитерських виробів. Загальний хімічний склад порошку маніоку *M. esculenta* наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Хімічний склад порошку заморожено-розмороженого маніока *M. esculenta*

Харчова цінність, г/100г	Порошок маніока <i>M. esculenta</i>
Волога	6
Крохмаль	43
Натуральні цукри	18
Харчові волокна	14,6
Білок	13,8
Жир	0,4
Зола	4,2

Порошок маніока *M. esculenta* має високі показники біологічної цінності та підходить для заміни цукру та частини пшеничного борошна в рецептурі. Порошок маніока добре підходить для промислового виробництва кондитерських виробів і дозволяє тривалий час зберігати маніок і збільшити його експортний потенціал. Зменшення маси маніоку за рахунок випаровування вологи у 4 рази значно зменшить витрати на його перевезення та зберігання.

Досліджено ефективність додавання порошку маніоку *M. esculenta* та ізоляту білка равликів до рецептури печива. Стандартні рецепти пісочного тіста містять такі алергени, як пшеничне борошно та яечні продукти. На жаль, порошок маніока не має властивостей, необхідних для повної

заміни глютену в пшеничному борошні, але вміст крохмалю дозволяє провести часткову заміну. Тому, пшеничне борошно в рецепті печива замінено на порошок маніока *M. esculenta* на 20 % (мас./мас.), оскільки така кількість є оптимальною враховуючи кількість крохмалю в маніоку і стандартною для заміни пшеничного борошна порошком коренеплодів у рецептурах кондитерських виробів. Інша частка пшеничного борошна (80 %) замінена на низькоглютенове пшеничне борошно, що дозволяє ще більше зменшити кількість глютену в рецептурі. Ізолят білка равликів підходить для заміни яечних продуктів, завдяки високій кількості білка (93 %), і мінеральним речовинам, що значно спрощує і покращує рецептуру пісочного печива, що наведена у табл. 3.

**Рецептура пісочного печива, збагаченого порошком маніока та альтернативним білком**

Найменування сировини	Витрата сировини на 1 кг пісочного тіста, г	
	Контроль	Розроблене пісочне печиво
Пшеничне борошно	575	-
Низькоглютенове пшеничне борошно	-	435
Порошок маніоку	-	315
Порошок равликів	-	35
Цукор	180	-
Курячі яйця	35	-
Вершкове масло	200	200
Сіль	20	20
Всього	1010	1005
Вихід пісочного печива, %	97,5	98,5

Розроблена рецептура пісочного печива суттєво змінилася у процентному співвідношенні інгредієнтів, спрямовуючись на зменшення вмісту глютену та збагачення поживними речовинами. Найбільша зміна полягає у різкому збільшенні частки низькоглютенового пшеничного борошна до 43,28 %, що відображає стратегічну заміну традиційного борошна для створення продукту з меншим вмістом глютену. Значною зміною є також введення порошку маніока, частка якого досягла 31,34 %, що підкреслює його важливість як нового збагачувального компонента в рецептурі. У рецептуру було додано ізолят білка равликів, альтернативне джерело білка, атакож для заміни яєчних продуктів, хоча його частка є меншою і становить 3,48 % від загальної маси. Ці процентні зміни підтверджують спрямованість розробленої рецептури на створення продукту зі зниженим вмістом глютену та збагаченого порошком маніока та альтернативним білком.

Кремові відтінки кольору маніока *M. esculenta*, як заміника частини борошна та цукру, вдало поєднуються в рецептурі пісочного печива. Загальна кількість порошку маніока *M. esculenta* в рецептурі становила 315 г, що суттєво вплинуло на органолептичні показники та хімічний склад пісочного печива. Високий вихід пісочного печива (98,5 %), більший за контрольне значення на 1 % пояснюється тим, що значна кількість порошку маніока при його відновленні у тісті при додаванні

води, значно збільшує свій об'єм за рахунок зв'язування вологи.

З метою аналізу якісних характеристик пісочного печива збагаченого порошком маніока та альтернативним білком, було проведено його хімічний та текстурний аналіз. Хімічний склад пісочного печива наведено на рис. 1.

Дані, наведені на рис. 1 свідчать, що після додавання порошку маніока до рецептури пісочного тіста та порошку равликів суттєво змінився його хімічний склад. Порівняно зі звичайним пісочним печивом вміст білка збільшився на 24,3 % до 9,2 г/100 г продукту. Незначне збільшення вмісту білка пов'язане з тим, що яєчні продукти також є джерелом білка, як і ізолят білка равликів. Вміст харчових волокон збільшився на 74,6 % до 10,3 г/100 г продукту та золи на 155,6 % до 2,3 г/100 г порівняно зі звичайним пісочним печивом. Вміст жиру у пісочному печиві з порошком маніока зменшився на 7,5 %, вміст вуглеводів зменшився на 11,5 %, що суттєво вплинуло на енергетичну цінність досліджуваного пісочного печива і вона знизилася на 8 % до 407,8 ккал/100 г продукту. Отримані зміни в харчовій цінності пісочного печива, підтверджують ефективність використання порошку маніоку та золяту білка равликів для дієтичного харчування.

Велика кількість порошку маніоку в рецепті пісочного печива пом'якшило його структуру, що показано в табл. 4.

Після додавання порошку маніоку та ізоляту білка равликів до рецептури пісочного печива консистенція печива покращилася. Його твердість зменшилась на 48 %, порівняно зі звичайним пісочним печивом, завдяки наявності великої кількості рослинної сировини у рецептурі. Ламкість розробленого пісочного печива була знижена лише на 2 % порівняно зі звичайним пісочним печивом, що говорить

про те, що ізолят білка равликів виконав функцію емульгуючу та жирозв'язуючу. Значне зменшення твердості, але при цьому майже однакові показники ламкості, значно покращили текстуру пісочного печива збагаченого порошком маніоку та ізолятом білка равликів. Отримані показники текстури можна пояснити збільшенням вмісту вологи на 10,8 %, білка та харчових волокон у розробленому (рис. 1).

Таблиця 4

Аналіз текстури пісочного печива,  
збагаченого порошком маніока та альтернативним білком

Індикатор текстури	Контроль	Розроблене печиво
Твердість (Hardness), г	278	188
Ламкість (Fracturability), г	320	314

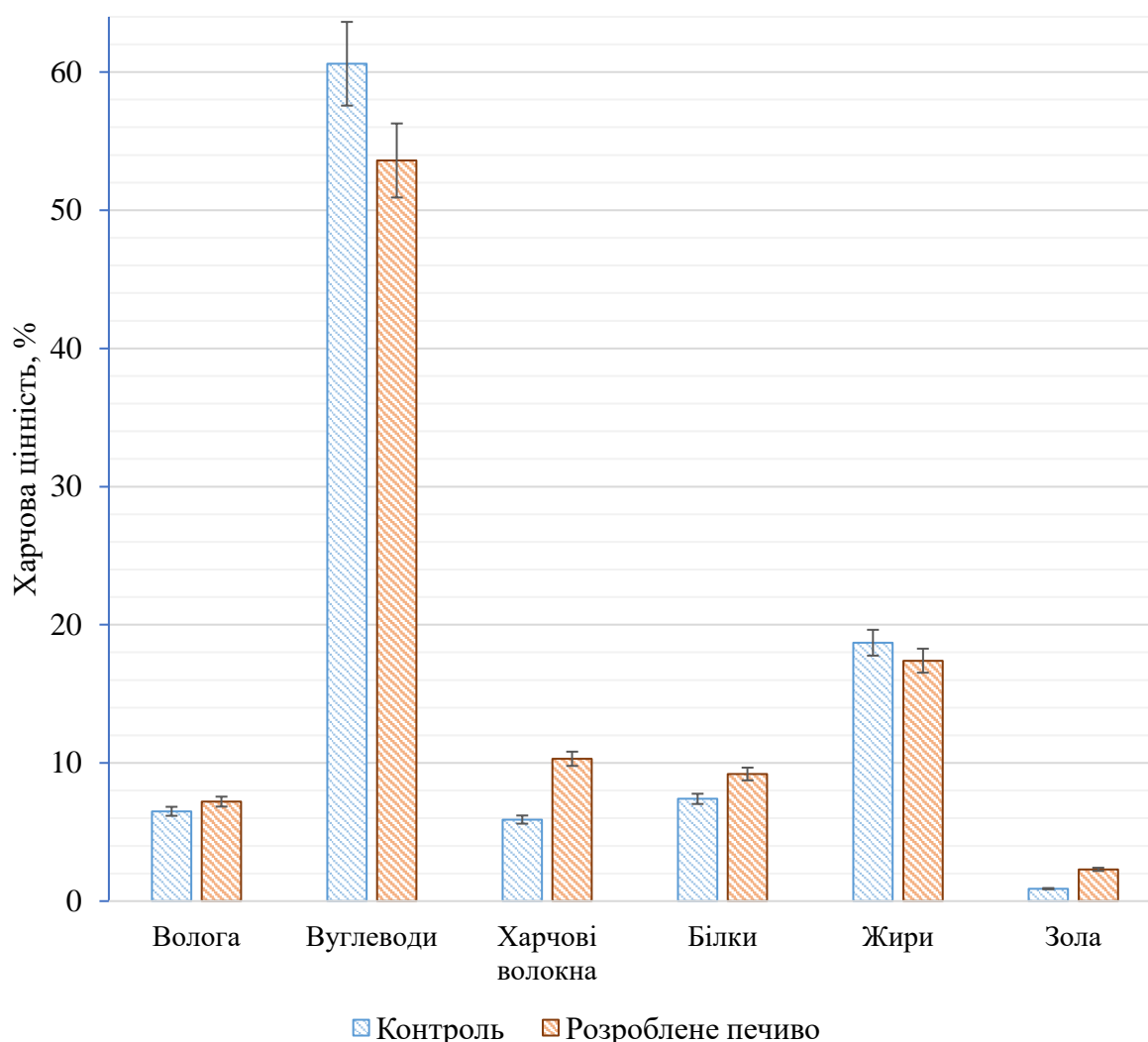


Рис. 1. Хімічний склад пісочного печива з порошком маніока та альтернативним білком



Органолептичні показники за кольором, смаком, консистенцією, запахом і

загальною прийнятністю розробленого пісочного печива наведені на рис. 2.

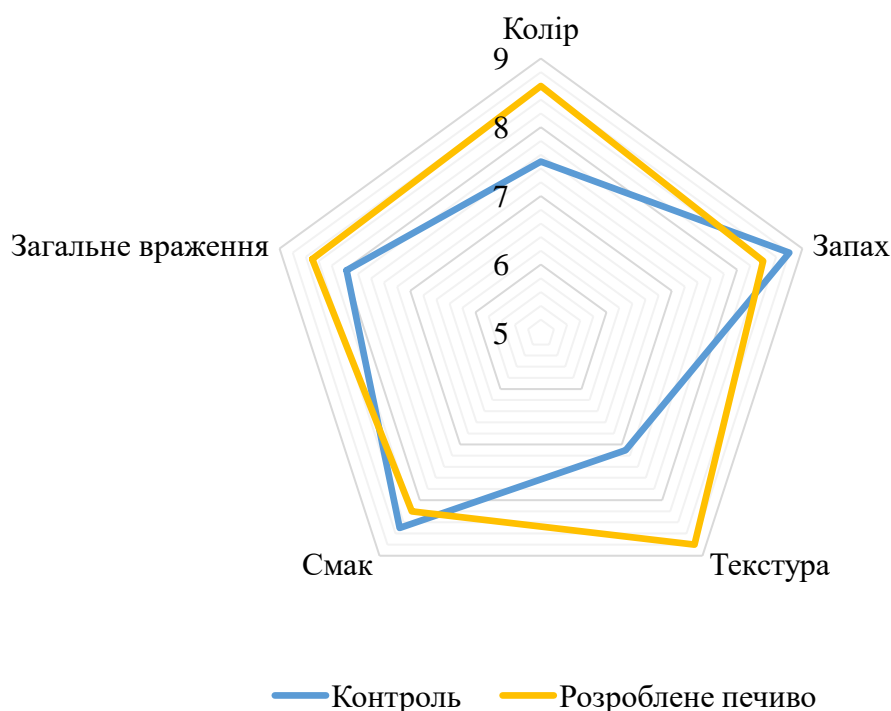


Рис. 2. Органолептична оцінка пісочного печива, збагаченого порошком маніока та альтернативним білком

Результати органолептичної оцінки представлено на рис. 2 як середні значення оцінок після дегустації десятима експертами. Пісочне печиво, збагачене порошком маніока та ізолятом білка равликів, мало вищі бали за текстурою, кольором і загальною прийнятністю порівняно зі звичайним пісочним печивом. Показники запаху та смаку були нижчими, ніж у звичайному пісочному печиві, що пов'язано з високим вмістом рослинної сировини, що значно не вплинуло на загальне враження, що було вище на 6,2 % у розробленого пісочного печива.

Досліджуване пісочне печиво отримало високу оцінку експертів за свій природний помаранчевий колір, який пов'язаний з насиченим помаранчевим кольором маніока *M. esculenta*, який утворився шляхом поєднання пігментації  $\beta$ -каротином шкірочки (помаранчевий) та пігментації  $\beta$ -каротином м'якоті (світло-помаранчевий). Загальна прийнятність печива з порошком маніока та ізолятом білка равликів була на високому рівні, враховуючи, що воно буде використовуватися для дієтичного та військового харчування.

## Висновки

Отримані результати досліджень хімічного складу маніока *M. esculenta* та порошку маніока заморожено-розмороженого висушеного за допомогою методу мікрохвильової вакуумної сушки підтверджують ефективність використання порошку маніока *M. esculenta*. Порошок маніока підходить для використання у якості харчового барвника (кремовий колір) та джерела білка, харчових волокон, крохмалю та мінеральних речовин у виробництві пісочного печива, його додавання сприяло збільшенню вмісту харчових волокон на 74,6 %, а вміст мінеральних речовин на 155,6 %. Заміна яєчних продуктів на ізолят білка равликів також дала свій позитивний ефект і дозволило збільшити вміст білка на 24,3 % при цьому показники текстури стали краще, ніж у Контроля. Незважаючи на повну заміну у рецептурі курячих яєць на ізолят білка равликів, цукру та звичайного пшеничного борошна на порошок маніока та низькоглютене пшеничне борошно, розроблене пісочне печиво отримало високі органолептичні

показники та покращені значення текстури, що пов'язано з якістю порошку маніока отриманого методом мікрохвильового вакуумного сушіння. Напівфабрикати з маніока можна використовувати і в інших рецептурах харчових продуктів де необхідно додати харчовий барвник або натуральний цукор та збагатити їжу рослинним білком, харчовими волокнами та мінеральними речовинами. Високий вміст вітаміну А та  $\beta$ -каротину у маніока та пісочному печиві з його додаванням надає антиоксидантні властивості харчовому продукту і разом зі зменшенням вмісту

глютену та інших алергенів у рецептурі, покращує передумови його використання у дієтичному харчуванні.

Подальші дослідження слід спрямувати на додавання порошку маніоку *M. esculenta* та ізоляту білка равліків у рецептури інших харчових продуктів та провести аналіз зміни кольору харчових продуктів з порошком маніока на професійному обладнанні. Необхідно дослідити більш детально мінеральний та вітамінний склад маніоку *M. esculenta* вирощеного на чорноземах України.

### **Фінансування / Funding**

Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування / This research received no external funding.

### **Заява про доступність даних / Data Availability Statement**

Набір даних доступний за запитом до автора / Dataset available on request from the author.

### **Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement**

Не застосовується / Not applicable.

### **Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement**

Не застосовується / Not applicable.

### **Конфлікт інтересів / Conflicts of Interest**

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів / The author declares no conflicts of interest.

## **References**

- Abdelsalam, R., El-Naggar, E., El-Soukkary, F., & Abdelmeguid, M. (2021). Physico-chemical, functional and antioxidant properties of some flours types as gluten-free ingredients compared to wheat flour. *Asian Journal of Applied Chemistry Research*, 10(3-4), 21-30. <https://doi.org/10.9734/ajacr/2021/v10i3-430238>
- Abegunde, O., Mu, T., Chen, J., & Deng, F. (2013). Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. *Food Hydrocolloids*, 33, 169-177. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.03.005>
- Arianti, Y., & Harinta, Y. (2021). Sweet Potatoes: Development and potential as alternative food ingredients in Karanganyar Regency, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 226, 00050. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202122600050>
- Bender, D., & Schonlechner, R. (2020). Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science*, 91, 102904. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102904>

- Bresciani, A., & Marti, A. (2019). Using Pulses in Baked Products: Lights, Shadows, and Potential Solutions. *Foods*, 139, 113-126. <https://doi.org/10.3390/foods8100451>
- Bjorck, I., Liljeberg, H., & Ostman, E. (2007). Low glycaemic-index foods. *British Journal of Nutrition*, 83(S1), 149-155. <https://doi.org/10.1017/S0007114500001094>
- CIP. (2006). International potato center. Available online: <http://www.cipotato.org>
- Dan, G., Helikh, A., Duan, Z., Shang, F., & Liu, Y. (2022). Development of pumpkin seed meal biscuits. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(11), 36-42. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254940>
- Dan, G., Helikh, A., Filon, A., Zhenhua, D., & Vasylenko, O. (2022). Effect of pH-shifting treatment on the gel properties of pumpkin seed protein isolate. *Journal of Chemistry and Technologies*, 30(2), 198-204. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i2.241145>
- De Angelis, M., Cassone, A., Rizzello, C., Gagliardi, F., Minervini, F., Calasso, M., Di Cagno, R., Francavilla, R., & Gobbetti, M. (2010). Mechanism of degradation of immunogenic gluten epitopes from *Triticum turgidum* L. var. *Durum* by sourdough lactobacilli and fungal proteases. *Applied and Environmental Microbiology*, 76, 508-518. <https://doi.org/10.1128/AEM.01630-09>
- Estell, M., Hughes, J., & Grafenauer, S. (2021). Plant protein and plant-based meat alternatives: Consumer and nutrition professional attitudes and perceptions. *Sustainability (Switzerland)*, 13(3), 1-18. <https://doi.org/10.3390/su13031478>
- Golovko, N., Golovko, T., & Gelikh, A. (2015). Investigation of amino acid structure of proteins of freshwater bivalve mussels from the genus *Anodonta* of northern Ukraine. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(11), 10-16. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.51072>
- Hedayati, S., Jafari, S., Babajafari, S., Niakousari, M., & Mazloomi, S. (2022). Different food hydrocolloids and biopolymers as egg replacers: A review of their influences on the batter and cake quality. *Food Hydrocolloids*, 112, 107-131. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107611>
- Helikh, A., Gao, D., & Duan, Z. (2020). Optimization of ultrasound-assisted alkaline extraction of pumpkin seed meal protein isolate by response surface methodology. *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 31(70), 100-104. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.2-2/17>
- Helikh, A., Danylenko, S., Kryzhaska, T., & Qingshan, L. (2021). Development of technology and research of quality indicators of yoghurt with natural filler in the preservation process. *Food Resources*, 9(16), 69-78. <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-16-07>
- Horwitz, W., & Latimer G. Association of Official Analytical Chemists International. (2006). Official methods of analysis of AOAC International (18th ed., current through rev). AOAC International
- Hossain, M., Rahim, M., Moutosi, H., & Das, L. (2022). Evaluation of the growth, storage root yield, proximate composition, and mineral content of colored sweet potato genotypes. *Journal of Agriculture and Food Research*, 8, 100289. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100289>
- Kim, S., Jung, Y., Lee, H., Mun, J., Kim, S., Song, K., & Seo, H. (2024). Development of plant-based egg-white replacer: Improvement of foaming and thermal properties of plant-based proteins. *LWT*, 52(10), 6331-6340. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116611>

- Lin, H., Huang, L., Tsai, J., & Sung, W. (2024). Effect of Whey Protein Isolate and Soy Protein Isolate on Textural Properties and Syneresis of Frozen Traditional Chinese Hot Pot Egg Sausage Gels. *Gels*, 10(12), 815. <https://doi.org/10.3390/gels10120815>
- Liu, Y., Helikh, A. O., Filon, A. M., Tang, X., Duan, Z., & Ren, A. (2024). Beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva* Alef.) pretreated by freeze-thaw: Influence of drying methods on the quality characteristics. *CYTA-Journal of Food*, 22(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/19476337.2023.2295421>
- Loan, T., Thuy, N., Tri, Q., & Sunghoon, P. (2021). Characterization of gluten-free rice bread prepared using a combination of potato tuber and ramie leaf enzymes. *Food Science and Biotechnology*, 30, 521-529. <https://doi.org/10.1007/s10068-021-00891-2>
- Małecki, J., Muszyński, S., & Sołowiej, B. G. (2021). Proteins in food systems bionanomaterials, conventional and unconventional sources, functional properties, and development opportunities. *Polymers*, 13(15), 2506. <https://doi.org/10.3390/polym13152506>
- Martínez-Villaluenga, C., Penas, E., Hernandez-Ledesma, B. (2020). Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*, 137, 111178. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178>
- Nychas, G., Sims, E., Tsakanikas, P., & Mohareb, F. (2021). Data Science in the Food Industry. *Annual Review of Biomedical Data Science*, 4(1), 341-367. <https://doi.org/10.1146/annurev-biodatasci-020221-123602>
- Oluniyo, R., Omoba, O., Awolu, O., & Olagunju, A. (2020). Orange-fleshed sweet potatoes composite bread: A good carrier of beta ( $\beta$ )-carotene and antioxidant properties. *Journal of Food Biochemistry*, 45(3), e13423. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13423>
- Rath, D., George, J., Mukherjee, A., Naskar, S. K., & Mohandas, C. (2016). Antibacterial activity of leaf and tuber extract of orange, purple flesh antioxidants rich sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.)). *Merit Research Journal of Agricultural Science and Soil Sciences*, 4(4), 67-71. Available online: <https://meritresearchjournals.org/asss/Content/2016/April/Rath%20et%20al.pdf>
- Sakin, M., Kaymak-Ertekin, F., & Ilicali, C. (2009). Convection and radiation combined surface heat transfer coefficient in baking ovens. *Journal of Food Engineering*, 94(3-4), 344-349. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.03.027>
- Sanaz, S., Mohammad, S., Hossein, K., & Zahra, E. (2018). The Effect of chickpea protein isolate and transglutaminase on batter rheology and gluten-free cookies quality. *LWT - Food Science and Technology*, 69, 471–479. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.023>
- Sawicka, B., Pszczołkowski, P., Krochmal-Marczak, B., Barbaś, P., & Özdemir, F.A. (2020). The effects of variable nitrogen fertilization on amino acid content in sweet potato tubers (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)) cultivated in central and eastern Europe. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(11), 4132-4138. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10452>
- Shin, D., Hwang, K., Lee, C., Kim, T., Park, Y., & Han, S. (2017). Effect of Swiss chard (*Beta vulgaris* var. *cicla*) as nitrite replacement on color stability and shelf-life of cooked pork patties during refrigerated storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(3), 418-428. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.3.418>
- Tang, Y., Cai, W., & Xu, B. (2015). Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed white, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. *Food Science and Human Wellness*, 4(3), 123-132. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.07.003>

Tian, J., Chen, J., Lv, F., Chen, S., Chen, J., Liu, D., & Ye, X. (2016). Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes. *Food Chemistry*, 197, 1264-1270. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.049>

Van Hal, M. (2007). Quality of sweet potato flour during processing and storage. *Food Reviews International*, 16, 37-41. <https://doi.org/10.1081/FRI-100100280>

Vithu, P., Dash, S. K., & Rayaguru, K. (2019). Post-harvest processing and utilization of sweet potato: A review. *Food Reviews International*, 35(8), 726-762. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1600540>

**Received:** 19.02.2025. **Accepted:** 18.03.2025. **Published:** 03.04.2025.

**Ви можете цитувати цю статтю так:**

Геліх А. Низькоалергенне пісочне печиво збагачене порошком маніока та альтернативним білком для харчування військових. *Biota. Human. Technology*. 2025. №1. С. 148-160.

**Cite this article in APA style as:**

Helikh, A. (2025). Low-allergenic short cookies enriched with cassava powder and alternative protein for military nutrition. *Biota. Human. Technology*, 1, P. 148-160. (in Ukrainian)

**Information about the author:**

**Helikh A.** [in Ukrainian: **Геліх А.**], Assoc. Prof., Ph.D. in Tech. Sc., email: anna.helikh@snau.edu.ua  
ORCID: 0000-0003-3769-1231 Scopus Author ID: 57217304277  
Department of Technology and food safety, Sumy National Agrarian University  
160 Kondratieva Street, Sumy, 40021, Ukraine