

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-369-7>

УДК 664.38:635.657

СЕРДЮК МАРИНА

Національний університет біоресурсів і природокористування України

<https://orcid.org/0000-0002-6504-4093>

e-mail: maryna.serdiuk@nubip.edu.ua

КАЛЮЖНЯК ІГОР

Національний університет біоресурсів і природокористування України

<https://orcid.org/0009-0001-8559-7883>

e-mail: igor.kalyzhnyak@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОРОЩУВАННЯ НА ЗМІНИ ХАРЧОВИХ І ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НУТУ

У роботі наведено результати досліджень впливу пророщування на харчову цінність, антинутрієнтний профіль, функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості нуту. Об'єктом дослідження був нут (*Cicer arietinum* L.) до пророщування та після пророщування і технологічної підготовки. Порівняльну оцінку проводили за масовою часткою білка, харчових волокон, загальних фенольних сполук, вмістом фітинової кислоти, активністю інгібіторів трипсину, вологостримувальною здатністю, коефіцієнтом набухання та твердістю після гідротермічної обробки. Результатами експериментальних досліджень встановлено, що пророщування забезпечує комплексні спрямовані зміни властивостей нуту. Вміст білка після пророщування зріс на 10,4 %, харчових волокон – на 10,8 %, загальних фенольних сполук – на 67,6 %. Одночасно вміст фітинової кислоти знизився на 54,3 %, а активність інгібіторів трипсину – на 68,9 %, що свідчить про покращення антинутрієнтного профілю сировини. Встановлено також підвищення вологостримувальної здатності на 35,9 % та коефіцієнта набухання на 43,0 %, тоді як твердість нуту після гідротермічної обробки знизилася на 57,4 %. Для узагальненої оцінки різноспрямованих змін було розраховано часткові та загальний інтегральний індекси якості. Індекс харчової цінності становив 1,271, що відповідає покращенню на 27,1 %, індекс антинутрієнтного профілю – 2,652, або 165,2 %, індекс функціонально-технологічних властивостей – 1,659, або 65,9 %. Загальний інтегральний індекс якості становив 1,688, що відповідає комплексному покращенню досліджуваних властивостей нуту після пророщування на 68,8 %. Отримані результати підтверджують ефективність пророщування як способу цілеспрямованої модифікації харчових і функціонально-технологічних характеристик нуту та обґрунтовують перспективність його використання як рослинного інгредієнта у складі багатокомпонентних харчових систем. Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні взаємозв'язків між біохімічними, гідратаційними та структурно-механічними змінами нуту під час пророщування, а також в оцінюванні ефективності його використання у різних харчових системах.

Ключові слова: нут, пророщування, харчова цінність, антинутрієнти, інтегральний індекс якості.

SERDYUK MARINA, KALIUSHNIAK IHOR

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

EFFECT OF GERMINATION ON THE NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL-TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF CHICKPEA

The paper presents the results of a study on the effect of germination on the nutritional value, antinutritional profile, functional-technological, and structural-mechanical properties of chickpea. The study object was chickpea (*Cicer arietinum* L.) before germination and after germination and technological preparation. The comparative assessment included protein content, dietary fiber content, total phenolic content, phytic acid content, trypsin inhibitor activity, water-holding capacity, swelling capacity, and hardness after hydrothermal treatment. The experimental results demonstrated that germination induced a complex and targeted modification of chickpea properties. Protein content increased by 10.4%, dietary fiber content by 10.8%, and total phenolic content by 67.6%. At the same time, phytic acid content decreased by 54.3% and trypsin inhibitor activity by 68.9%, indicating an improvement in the antinutritional profile of the raw material. Water-holding capacity increased by 35.9% and swelling capacity by 43.0%, while chickpea hardness after hydrothermal treatment decreased by 57.4%. To provide an integrated assessment of these multidirectional changes, partial and overall integral quality indices were calculated. The nutritional value index was 1.271, corresponding to an improvement of 27.1%; the antinutritional profile index was 2.652, corresponding to 165.2%; and the functional-technological properties index was 1.659, corresponding to 65.9%. The overall integral quality index was 1.688, which corresponds to a comprehensive improvement of 68.8% in the studied properties of chickpea after germination. The obtained results confirm the effectiveness of germination as a method for the targeted modification of the nutritional and functional-technological characteristics of chickpea and substantiate the prospects for its use as a plant-based ingredient in multicomponent food systems. Further research should focus on a more detailed investigation of the relationships between biochemical, hydration, and structural-mechanical changes in chickpea during germination, as well as on evaluating the effectiveness of its application in various food systems.

Keywords: chickpea, germination, nutritional value, antinutritional factors, integral quality index.

Стаття надійшла до редакції / Received 24.08.2026

Прийнята до друку / Accepted 24.09.2026

Опубліковано / Published 15.10.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Сердюк Марина, Калюжняк Ігор

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Насіння нуту (*Cicer arietinum* L.) вважаються цінною зернобобовою культурою. Вони характеризуються високим вмістом білка, харчових волокон, найважливіших мінеральних і біологічно активних речовин [1, 2]. Поряд з цим, харчова цінність насінин нуту знижується наявністю так званих антинутрієнтів, зокрема фітинової кислоти та інгібіторів протеолітичних ферментів, які зменшують біодоступність важливих нутрієнтів [2, 3].

Одним із перспективних способів усунення даного недоліку та поліпшення функціонально-технологічних властивостей нуту є пророщування. При пророщуванні активуються ферментативні та біохімічні процеси, внаслідок чого відбуваються зміни білкового та вуглеводного комплексу, біологічно активних речовин і, головне, зниження рівня окремих антинутрієнтів [3, 4]. В літературних джерелах зазначається, що пророщування насіння нуту змінює його фізико-хімічні, структурні й функціонально-технологічні властивості, що істотно розширює можливості його використання як харчової сировини [1].

Проте, в наявних літературних джерелах, оцінювання ефективності процесу пророщування ґрунтується на аналізі окремих показників, що не забезпечує повної об'єктивної оцінки швидкості та спрямованості комплексних змін, які викликані даним процесом. З погляду на це, комплексне дослідження змін показників харчової цінності, антинутрієнтів, а також функціонально-технологічних властивостей насіння нуту після пророщування є актуальним завданням, розв'язання якого цілком відповідає сучасним напрямкам моделювання харчових продуктів із підвищеною харчовою цінністю.

Аналіз досліджень та публікацій

Аналіз сучасних досліджень та публікацій дає змогу констатувати значний інтерес науковців до процесу пророщування насіння нуту як одного з основних способів покращення його харчових і функціонально-технологічних властивостей.

Так, результатами комплексного дослідження Sofi S. A. зі співавторами встановлено позитивний вплив пророщування на структурно-механічні, фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості борошна з нуту [1]. Автори констатують вагомі зміни структурних властивостей основних біополімерів і покращення технологічних показників пророщеного нуту. Поряд з цим, основним об'єктом дослідження було борошно, а зміни властивостей цілих пророщених насіння не досліджувались.

Було також встановлено, що триденне пророщування насіння нуту супроводжувалось зростанням вмісту пептидів, підвищенням ступеню гідролізу білків за модельного шлунково-кишкового травлення та посиленням антиоксидантної активності. Проте авторами не були досліджені зміни харчових волокон, технологічних і структурно-механічних показників пророщених насіння нуту [4].

Дослідження Perez-Ramirez I.F. та співавторів були присвячені аналізу хімічного складу декількох сортів нуту та його змін під час пророщування за умов використання еліситорів [2]. Авторами встановлено, що процес пророщування істотно змінює профіль фенольних та інших біологічно активних речовин, і сприяє зниженню вмісту антинутрієнтів. Проте, застосування хімічного еліситування ускладнює пряме перенесення отриманих залежностей на досліди з традиційним пророщуванням без додаткової обробки.

Дослідження Tuncel N.Y. та співавторів були присвячені встановленню впливу 24- та 48-годинного пророщування на зміни антинутрієнтів, фенольних речовин, перетравлюваність білка та антиоксидантних властивостей декількох зернобобових культур. Авторами встановлено достовірне зниження фітинової кислоти та активності інгібіторів трипсину [5]. Проте, нут в даних дослідженнях розглядався не як окремий інгредієнт, а як складова частина суміші бобових, тому специфічні зміни його функціонально-технологічних і структурно-механічних властивостей не входили до предмету досліджень.

Позитивний вплив процесу пророщування на вміст загальних фенолів, флавоноїдів, антиоксидантну активність та харчову цінність насіння нуту підтверджено результатами багатьох сучасних досліджень [6-8]. Проте, основна увага приділена дослідженням змін нутритивного складу сировини, а її найважливіші технологічні та структурно-механічні властивості залишаються дослідженими не достатньо.

Таким чином, аналіз сучасних досліджень та публікацій переконливо підтверджує, що пророщування супроводжується позитивними змінами білкового комплексу насіння нуту, збільшенню вмісту загальних фенолів та зниженню антинутрієнтів. Водночас, більшість досліджень присвячені вивченню нутритивних показників або окремих технологічних характеристик, тоді як комплексна оцінка показників харчової цінності, антинутрієнтного складу, технологічних і структурно-механічних властивостей пророщеного нуту залишається недостатньо висвітленою. Це обумовлює актуальність проведення комплексної оцінки властивостей насіння нуту до та після процесу пророщування з подальшим розрахунком інтегрального індексу якості та функціонально-технологічного потенціалу.

Формулювання цілей статті

Метою роботи було дослідження впливу процесу пророщування на зміни харчових і функціонально-технологічних властивостей насіння нуту та узагальнення отриманих результатів за допомогою інтегрального індексу якості.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- дослідити зміни основних компонентів хімічного складу та антинутрієнтів до та після пророщування;
- оцінити зміни функціонально-технологічних і структурно-механічних властивостей нуту до та після пророщування;
- провести порівняльну оцінку ступеня та спрямованості змін досліджуваних показників і розрахувати часткові та загальний інтегральний індекси якості для комплексної оцінки ефективності пророщеного нуту.

Викладення основного матеріалу

Об'єктами дослідження були насіння нуту до та після пророщування. Пророщування виконували за апробованою технологічною схемою, наведеною Kim et al., із дотриманням зазначених автором раціональних режимних параметрів процесу [9]. Відповідно до зазначеної технології насіння нуту однієї товарної партії очищали від пилу, сторонніх механічних домішок, потемнілих, механічно пошкоджених і недорозвинених насінин, після чого ретельно промивали водою. Вода, що використовувалась у технологічному процесі задовольняла вимогам чинних нормативних документів [10, 11]. Далі насіння нуту замочували у воді за температури 20...22 °C з витримкою 6 год. При цьому, гідромодуль під час замочування 1:4 (маса сировини : об'єм води). Після 6 год. витримки воду зливали, насінини знову ретельно промивали водою та розташовували на перфорованій поверхні на 10...15 хвилин для видалення надлишкової поверхневої вологи. Пророщували виконували в кліматичній камері KBW 240 (E6) (Binder, Німеччина) за температури 30±1°C, відносній вологості повітря 90±5% впродовж 6 діб. При цьому, насінини рівномірним шаром завтовшки 2...3 см розміщували у перфорованих лотках. Через кожні 12 годин виконували додаткове зволоження шляхом розпилення з подальшим видаленням надлишкової вологи. Після закінчення процесу пророщування, насінини нуту промивали, видаляли некондиційні (непророслі, потемнілі, пошкоджені), а також насінини з ознаками слизоутворення або стороннім запахом. З метою інактивації ферментативних процесів, підвищення мікробіологічної безпечності та усунення яскраво вираженого сирого бобового присмаку пророщені насінини бланшували насиченою парою за температури 98...100°C впродовж 3...5 хв. з подальшим швидким охолодженням до температури 4...8°C льодяною водою. Після видалення поверхневої вологи пророщену сировину подрібнювали до грубо дисперсної фракції з розміром часток 3...5 мм. У підготовлених зразках визначали масову частку вологи, білка та харчових волокон, вміст фітинової кислоти, активність інгібіторів трипсину, загальний вміст фенольних сполук, вологоутримувальну здатність, коефіцієнт набухання та твердість після гідротермічної обробки. Дослідження проводили не менше ніж у п'яти повтореннях за стандартними методиками [12]. Результати подавали як $\bar{X} \pm SD$. Статистичну значущість відмінностей оцінювали методом однофакторного дисперсійного аналізу з подальшим тестом Тьюкі за $p < 0,05$. Результати визначень представлені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Харчові та функціонально-технологічні властивості нуту

Найменування показника	Нут до пророщування	Нут після пророщування та підготовки
Масова частка вологи, %	10,84 ± 0,17 ^c	67,36 ± 0,73 ^b
Масова частка білка, г/100 г СР	20,47 ± 0,21 ^b	22,60 ± 0,36 ^a
Масова частка харчових волокон, г/100 г СР	15,33 ± 0,39 ^b	16,99 ± 1,00 ^a
Фітинова кислота, мг/г СР	8,36 ± 0,40 ^a	3,82 ± 0,28 ^b
Активність інгібіторів трипсину, ТІУ/мг СР	6,75 ± 0,53 ^a	2,10 ± 0,08 ^b
Загальні феноли, мг/100 г СР	253,84 ± 6,69 ^b	425,49 ± 8,80 ^a
Вологоутримувальна здатність, г H ₂ O/г СР	1,42 ± 0,02 ^c	1,93 ± 0,02 ^a
Коефіцієнт набухання, см ³ /г СР	4,46 ± 0,22 ^b	6,38 ± 0,17 ^a
Твердість після гідротермічної обробки, Н	17,44 ± 0,08 ^a	7,43 ± 0,06 ^b

Результати засвідчили, що пророщування супроводжувалось комплексною зміною хімічного складу та технологічних властивостей насіння нуту. Масова частка білка збільшилася на 10,4 %, а вміст харчових волокон – на 10,8 %. Зазначене відносне зростання цих показників може бути пов'язане як з активацією метаболічних процесів, так і з використанням частини запасних вуглеводів на дихання та ростові процеси. У науковій літературі пророщування розглядають як процес, здатний модифікувати білкову систему зернобобових, підвищувати частку розчинного білка та покращувати його потенційну засвоюваність [13].

Важливим результатом пророщування стало зменшення концентрації антинутриєтивних сполук. Вміст фітинової кислоти знизився у 2,19 рази, а активність інгібіторів трипсину – у 3,21 рази. Зниження вмісту фітатів пов'язують з активацією ендогенної фітази, яка гідролізує фітинову кислоту та потенційно покращує доступність зв'язаних мінеральних елементів. Зменшення активності інгібіторів трипсину створює сприятливіші умови для ферментативного перетравлення білка. Сучасні дослідження підтверджують, що пророщування зернобобових здатне суттєво знижувати вміст фітинової кислоти та активність інгібіторів протеаз, хоча величина ефекту залежить від виду сировини, тривалості й температури пророщування [14].

Одночасно загальний вміст фенольних сполук у нуті зріс у 1,68 рази. Накопичення фенольних речовин під час пророщування пов'язують з активацією фенілпропановидного обміну, утворенням нових фенольних метаболітів і вивільненням зв'язаних форм унаслідок ферментативного руйнування клітинних структур [6].

Функціонально-технологічні властивості пророщеного нуту також істотно змінювались. Його вологоутримувальна здатність на 35,9%, коефіцієнт набухання на 43,0% перевищували аналогічні показники непророщеного насіння. Виявлені зміни можуть бути пов'язаними з перебудовою білково-полісахаридного

комплексу, часткової реструктуризацією клітинних стінок та збільшенням доступності гідрофільних груп, які здатні зв'язувати вологу. Зростання вологоутримувальної здатності та коефіцієнту набухання свідчить про покращення гідратаційних властивостей пророщеного нуту. З технологічної точки зору це істотно розширює можливості його використання як рослинного інгредієнту багатокомпонентних харчових систем, для яких особливого значення набуває здатність до зв'язування води та формування стабільної емульсійної системи.

Істотні зміни були встановлені також для структурно-механічних властивостей. Так, твердість нуту після пророщування знижувалась у 2,35 рази, що є свідченням значного розм'якшення насіння внаслідок пророщування та подальшої гідротермічної обробки. Поряд з цим, збереження певної структурної міцності дає можливість припустити, що пророщене насіння нуту може забезпечити більш м'яку, проте структуровану консистенцію без повної втрати цілісності тканин.

Зниження твердості є важливим фактором потенційного формування органолептичних властивостей харчових продуктів із використанням пророщеного насіння нуту. Готові харчові продукти, виготовлені на основі пророщеного насіння нуту будуть мати більш ніжну, однорідну та соковиту консистенцію.

Таким чином, отримані результати експериментальних досліджень свідчать, що пророщування супроводжується одночасними та різноспрямованими змінами харчових, функціонально-технологічних і структурно-механічних характеристик насіння нуту. Аналіз і оцінка кожного окремого показника дає змогу визначити характер та величину відповідних змін, проте не дозволяє встановити їх сукупний ефект. З погляду на це, для комплексної кількісної оцінки результативності процесу пророщування було застосовано інтегральний підхід, суть якого полягала в приведенні різномірних показників до безрозмірних коефіцієнтів та їх подальше узагальнення.

До загальної інтегральної оцінки були включені всі експериментально визначені показники, за виключенням масової частки води. Виключення масової частки води з переліку інтегральних критеріїв пов'язано з тим, що її зростання після пророщування є прямим наслідком гідратації насіння і не має однозначно трактуватися як покращення його якості.

Для показників, зростання яких є позитивним, зокрема масової частки білка, харчових волокон, загальних фенолів, вологоутримувальної здатності та коефіцієнту набухання, індивідуальний коефіцієнт зміни k_i визначали за формулою 1:

$$k_i = \frac{X_{i,к}}{X_{i,п}} \quad (1)$$

Де k_i – коефіцієнт зміни i -показника,

$X_{i,п}$ – значення показника для непророщеного нуту;

$X_{i,к}$ – значення показника для пророщеного нуту.

Для показників, зниження яких є позитивним, зокрема вмісту фітинової кислоти, активності інгібіторів трипсину, твердості, індивідуальний коефіцієнт зміни k_i визначали за формулою 2:

$$k_i = \frac{X_{i,п}}{X_{i,к}} \quad (2)$$

Представлений спосіб розрахунку забезпечує єдиний напрям інтерпретації отриманих результатів:

$k_i = 1$ – змін не відбувається

$k_i > 1$ – позитивна зміна

$k_i < 1$ – небажана зміна.

Значення розрахованих індивідуальних коефіцієнтів змін кожного показника представлені в таблиці 2.

Таблиця 2.

Результати розрахунку індивідуальних коефіцієнтів змін k_i показників пророщеного нуту

Найменування показника	Напрямок оптимізації	k_i
Масова частка білка	max	1,104
Масова частка харчових волокон	max	1,108
Вміст фітинової кислоти	min	2,188
Активність інгібіторів трипсину	min	3,214
Вміст загальних фенолів	max	1,676
Вологоутримувальна здатність	max	1,359
Коефіцієнт набухання	max	1,430
Твердість після гідротермічної обробки	min	2,347

Для детальної інтерпретації всі обрані до інтегральної оцінки було об'єднано в три змістовні групи: 1 – харчова цінність, 2 – антинутрієнтний профіль, 3 – функціонально-технологічні властивості. Часткові інтегральні індекси визначали як середнє геометричне індивідуальних коефіцієнтів змін k_i за формулою 3:

$$I_j = \sqrt[n]{k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n}$$

Де I_j – частковий індивідуальний індекс відповідної групи,

$k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n$ – індивідуальний коефіцієнт зміни окремих показників,

n – кількість показників в групі.

До першої групи показників «харчова цінність» включали масову частку білка, харчових волокон та вміст загальних фенолів. Звідси:

$$I_{\text{ХЦ}} = \sqrt[3]{k_{\text{білок}} \cdot k_{\text{волокна}} \cdot k_{\text{феноли}}}$$

$$I_{\text{ХЦ}} = \sqrt[3]{1,104 \cdot 1,108 \cdot 1,676} = 1,271$$

Якщо для нуту базове значення до пророщування прийняти за 1, то комплексне покращення показників даної групи становитиме:

$$\Delta I_{\text{ХЦ}} = (1,271 - 1) \cdot 100 = 27,1\%$$

Д другої групи показників «антинутриєнтний профіль» було включено вміст фітинової кислоти та активність інгібіторів трипсину. Формула для визначення часткового інтегрального індексу мала вигляд:

$$I_{\text{АП}} = \sqrt[2]{k_{\text{фітин}} \cdot k_{\text{ІТ}}}$$

$$I_{\text{АП}} = \sqrt[2]{2,188 \cdot 3,214} = 2,652$$

Таким чином комплексне покращення показників даної групи становитиме:

$$\Delta I_{\text{АП}} = (2,652 - 1) \cdot 100 = 165,2\%$$

До третьої групи показників «функціонально-технологічні властивості» було включено вологоутримувальну здатність, твердість та коефіцієнт набухання. Формула для визначення часткового інтегрального індексу мала вигляд:

$$I_{\text{ФТВ}} = \sqrt[3]{k_{\text{ВУЗ}} \cdot k_{\text{ТВ}} \cdot k_{\text{наб}}}$$

$$I_{\text{ФТВ}} = \sqrt[3]{1,359 \cdot 2,347 \cdot 1,430} = 1,659$$

Таким чином комплексне покращення показників даної групи становитиме:

$$\Delta I_{\text{ХЦ}} = (1,659 - 1) \cdot 100 = 65,9\%$$

Загальний інтегральний індекс якості для всіх восьми показників визначали за формулою:

$$I_Q = \sqrt[8]{k_{\text{білок}} k_{\text{волокна}} k_{\text{фітин}} k_{\text{ІТ}} k_{\text{феноли}} k_{\text{ВУЗ}} k_{\text{наб}} k_{\text{ТВ}}}$$

$$I_Q = \sqrt[8]{1,104 \cdot 1,108 \cdot 2,188 \cdot 3,214 \cdot 1,676 \cdot 1,359 \cdot 1,430 \cdot 2,347} = 1,688$$

$$\Delta I_Q = (1,688 - 1) \cdot 100 = 68,8\%$$

Результати визначення часткових та загального інтегральних індексів наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Результати загальної інтегральної оцінки властивостей пророщеного насіння нуту

Група інтегральних показників	Значення інтегрального індексу	Відносне покращення, %
Харчова цінність, $I_{\text{ХЦ}}$	1,271	27,1
Антинутриєнтний профіль, $I_{\text{АП}}$	2,652	165,2
Функціонально-технологічні властивості, $I_{\text{ФТВ}}$	1,659	65,9
Загальний інтегральний індекс, I_Q	1,688	68,8

Таким чином, порівняння часткових інтегральних індексів свідчить, що найбільш виражені позитивні зміни відбулися за показниками антинутриєнтного профілю – відносне покращення становило 165,2%. Відносне покращення функціонально-технологічних властивостей становило 65,9%, а показників групи «харчова цінність» – на 27,1%. Загальний інтегральний індекс був на рівні 1,688, що відповідає відносному сукупному покращенню досліджуваних показників нуту після пророщування на 68,8%.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

1. Дослідженнями встановлено, що пророщування нуту супроводжується спрямованими змінами його хімічного складу та антинутриєнтного профілю. Масова частка білка зросла на 10,4 %, харчових волокон – на 10,8 %, загальних фенолів – на 67,6 %. Водночас вміст фітинової кислоти знизився на 54,3 %, а активність інгібіторів трипсину – на 68,9 %, що свідчить про покращення нутритивного та антинутриєнтного профілю пророщеного нуту.

2. Встановлено істотне покращення функціонально-технологічних і структурно-механічних властивостей нуту після пророщування. Вологоутримувальна здатність зросла на 35,9 %, коефіцієнт набухання – на 43,0 %, тоді як твердість після гідротермічної обробки знизилася на 57,4 %. Отримані результати підтверджують, що пророщування забезпечує підвищення гідратаційної здатності та істотне розм'якшення структури зерна.

3. Комплексна інтегральна оцінка підтвердила позитивну спрямованість змін усіх включених до аналізу показників. Частковий інтегральний індекс харчової цінності становив 1,271, що відповідає покращенню на 27,1 %, інтегральний індекс антинутриєнтного профілю – 2,652, або 165,2 %, а індекс функціонально-технологічних властивостей – 1,659, або 65,9 %. Загальний інтегральний індекс якості становив 1,688, що відповідає комплексному покращенню досліджуваних властивостей нуту після пророщування на 68,8 % і підтверджує

ефективність пророщування як способу цілеспрямованої зміни його харчових і функціонально-технологічних характеристик.

Отримані результати підтверджують ефективність пророщування як способу цілеспрямованої модифікації харчових і функціонально-технологічних характеристик нуту та обґрунтовують перспективність його використання як рослинного інгредієнта у складі багатокomпонентних харчових систем. Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні взаємозв'язків між біохімічними, гідратаційними та структурно-механічними змінами нуту під час пророщування, а також в оцінюванні ефективності його використання у різних харчових системах.

Література

1. Sofi S. A. et al. Impact of germination on structural, physicochemical, techno-functional, and digestion properties of desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour. *Food Chemistry*. 2023. Vol. 405. Art. 135011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135011>
2. Pérez-Ramírez I. F. et al. Phytochemical profile and composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.): Varietal differences and effect of germination under elicited conditions. *Plants*. 2023. Vol. 12, No. 17. Art. 3093. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12173093>
3. Gunathunga C. et al. Germination effects on nutritional quality: A comprehensive review of selected cereals and pulses changes. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2024. Vol. 128. Art. 106024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106024>
4. Newton A., Majumder K. Germination and simulated gastrointestinal digestion of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in exhibiting in vitro antioxidant activity in gastrointestinal epithelial cells. *Antioxidants*. 2023. Vol. 12, No. 5. Art. 1114. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox12051114>
5. Yılmaz Tuncel N. et al. The effect of germination on antinutritional components, in vitro starch and protein digestibility, content, and bioaccessibility of phenolics and antioxidants of some pulses. *Food Science & Nutrition*. 2025. Vol. 13, No. 5. Art. e70103. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.70103>
6. Xue J., Yang J., Yin Y. Study on effect of germination on flavonoid content and nutritional value of different varieties of chickpeas. *Foods*. 2025. Vol. 14, No. 13. Art. 2157. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14132157>
7. Kim S. M. et al. Effect of germination on antioxidant capacity and protein characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) with implications for food processing applications. *Applied Sciences*. 2026. Vol. 16, No. 5. Art. 2477. DOI: <https://doi.org/10.3390/app16052477>
8. Singh L. et al. Microgreens as a sustainable plant-based functional food to improve nutritional quality and bioactive potential of legumes. *Discover Food*. 2026. Vol. 6. Art. 219. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44187-026-00962-5>
9. Kim S. M., Aung T., Kim M. J. Optimization of germination conditions to enhance the antioxidant activity in chickpea (*Cicer arietinum* L.) using response surface methodology. *Korean Journal of Food Preservation*. 2022. Vol. 29, No. 4. P. 632–644. DOI: <https://doi.org/10.11002/kjfp.2022.29.4.632>
10. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 № 400. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>
11. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014.
12. Сердюк М. Є., Прісс О. П., Гапріндашвілі Н. А. та ін. Дослідницький практикум. Частина 1. Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2020. 370 с.
13. Wang X. et al. Effect of germination on the digestion of legume proteins. *Foods*. 2024. Vol. 13, No. 17. Art. 2655. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13172655>
14. Jha U. C. et al. Unlocking the nutritional potential of chickpea: Strategies for biofortification and enhanced multnutrient quality. *Frontiers in Plant Science*. 2024. Vol. 15. Art. 1391496. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1391496>

References

1. Sofi S. A. et al. Impact of germination on structural, physicochemical, techno-functional, and digestion properties of desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour. *Food Chemistry*. 2023. Vol. 405. Art. 135011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135011>
2. Pérez-Ramírez I. F. et al. Phytochemical profile and composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.): Varietal differences and effect of germination under elicited conditions. *Plants*. 2023. Vol. 12, No. 17. Art. 3093. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12173093>
3. Gunathunga C. et al. Germination effects on nutritional quality: A comprehensive review of selected cereals and pulses changes. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2024. Vol. 128. Art. 106024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106024>
4. Newton A., Majumder K. Germination and simulated gastrointestinal digestion of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in exhibiting in vitro antioxidant activity in gastrointestinal epithelial cells. *Antioxidants*. 2023. Vol. 12, No. 5. Art. 1114. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox12051114>
5. Yılmaz Tuncel N. et al. The effect of germination on antinutritional components, in vitro starch and protein digestibility, content, and bioaccessibility of phenolics and antioxidants of some pulses. *Food Science & Nutrition*. 2025. Vol. 13, No. 5. Art. e70103. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.70103>
6. Xue J., Yang J., Yin Y. Study on effect of germination on flavonoid content and nutritional value of different varieties of chickpeas. *Foods*. 2025. Vol. 14, No. 13. Art. 2157. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14132157>

7. Kim S. M. et al. Effect of germination on antioxidant capacity and protein characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) with implications for food processing applications. *Applied Sciences*. 2026. Vol. 16, No. 5. Art. 2477. DOI: <https://doi.org/10.3390/app16052477>
8. Singh L. et al. Microgreens as a sustainable plant-based functional food to improve nutritional quality and bioactive potential of legumes. *Discover Food*. 2026. Vol. 6. Art. 219. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44187-026-00962-5>
9. Kim S. M., Aung T., Kim M. J. Optimization of germination conditions to enhance the antioxidant activity in chickpea (*Cicer arietinum* L.) using response surface methodology. *Korean Journal of Food Preservation*. 2022. Vol. 29, No. 4. P. 632–644. DOI: <https://doi.org/10.11002/kjfp.2022.29.4.632>
10. Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy. Pro zatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh norm ta pravyl «Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoi dlia spozhyvannia liudynoiu» (DSanPiN 2.2.4-171-10) [On approval of the State sanitary norms and rules “Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption”] : nakaz vid 12.05.2010 No. 400. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>
11. DSTU 7525:2014. Voda pytna. Vymohy ta metody kontroliuvannia yakosti [Drinking water. Requirements and methods of quality control]. Kyiv : Minekonomrozvytku Ukrainy, 2014.
12. Serdiuk M. Ye., Priss O. P., Hapindashvili N. A. et al. Doslidnytskyi praktykum. Chastyna 1. Metody doslidzhennia plodoovochevoi ta yakhidnoi produktsii [Research practicum. Part 1. Methods for studying fruit, vegetable and berry products]. Melitopol : VPTs «Liuks», 2020. 370 p.
13. Wang X. et al. Effect of germination on the digestion of legume proteins. *Foods*. 2024. Vol. 13, No. 17. Art. 2655. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13172655>
14. Jha U. C. et al. Unlocking the nutritional potential of chickpea: Strategies for biofortification and enhanced multinutrient quality. *Frontiers in Plant Science*. 2024. Vol. 15. Art. 1391496. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1391496>