

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет харчових технологій та управління якістю продукції АПК

УДК 641.56:633.31:613.292

**ПОГОДЖЕНО**

Декан факультету харчових технологій  
та управління якістю продукції АПК

\_\_\_\_\_ Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

ГОЛЕМБОВСЬКА

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

В.о. завідувача кафедри технологій  
м'ясних, рибних та морепродуктів

\_\_\_\_\_ Наталія

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: «Ефективність використання дієтичної добавки на основі  
люцерни у технології харчових продуктів оздоровчого призначення»

Спеціальність 181 «Харчові технології»

Освітня програма «Нутріціологія»

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова

**Гарант освітньої програми**

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Людмила ТИЩЕНКО

**Керівник магістерської роботи**

д.б.н., професор

\_\_\_\_\_ Валентина КОРНІЄНКО

**Виконав**

\_\_\_\_\_ Юрій КУРИЛЕНКО

**КИЇВ – 2025**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет харчових технологій та управління якістю продукції АПК

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри технологій  
м'ясних, рибних та морепродуктів

\_\_\_\_\_ Наталія ГОЛЕМБОВСЬКА

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТА**

Юрію Федоровичу Куриленко

Спеціальність 181 «Харчові технології»

Освітня програма «Нутриціологія»

Програма підготовки Освітньо-наукова

Тема магістерської роботи **«Ефективність використання дієтичної добавки на основі люцерни у технології харчових продуктів оздоровчого призначення»**

Затверджена наказом ректора НУБіП України від “17” січня 2024 р. № 52 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 10. 06. 2025 р.

Вихідні дані до магістерської роботи; технологія тофу з екстрактом люцерни, хімічний склад тофу з екстрактом люцерни.

Перелік питань, що підлягають дослідженню: огляд літературних джерел; організація, об'єкти, предмети і методи досліджень; результати дослідження та їх аналіз; висновки; список використаної літератури.

**Дата видачі завдання “14” квітня 2024 р.**

**Керівник магістерської роботи**

д.б.н., професор \_\_\_\_\_

**Валентина КОРНІЄНКО**

**Завдання прийняв до виконання** \_\_\_\_\_

**Юрій КУРИЛЕНКО**

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота виконана згідно завдання: «Ефективність використання дієтичної добавки на основі люцерни у технології харчових продуктів оздоровчого призначення»

*Метою* магістерської роботи є наукове обґрунтування та експериментальна перевірка доцільності використання дієтичної добавки на основі люцерни у складі харчових продуктів оздоровчого призначення з метою підвищення їх біологічної цінності, функціональної спрямованості та якості.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні *завдання*:

- Провести аналітичний огляд наукових джерел щодо властивостей та складу люцерни як джерела біологічно активних речовин.
- Обґрунтувати вибір харчового продукту для введення добавки на основі люцерни.
- Розробити рецептурні варіанти харчових продуктів оздоровчого призначення з додаванням люцернової добавки.
- Визначити фізико-хімічні, мікробіологічні та органолептичні показники дослідних зразків.
- Оцінити вплив дієтичної добавки на харчову та біологічну цінність продукту.
- Провести техніко-економічне обґрунтування доцільності використання добавки у виробництві.
- Надати рекомендації щодо впровадження розробленої технології у практику харчового виробництва.

*Об'єкт дослідження*: процеси формування якісних показників харчових продуктів оздоровчого призначення з додаванням дієтичної добавки на основі люцерни.

*Предмет дослідження*: вплив дієтичної добавки з люцерни на фізико-хімічні, органолептичні та функціональні властивості харчових продуктів оздоровчого призначення.

*Методи дослідження:* фізико-хімічні, мікробіологічні, органолептичні.

Дипломна робота складається із вступу, огляду літератури, матеріалу та методики досліджень, результатів власних досліджень, аналізу і узагальнення, висновків та списку використаної літератури.

Магістерська робота виконана на 49 сторінках, містить 15 таблиць та 1 рисунок. Список літератури складає 41 джерело.

**Ключові слова:** шоколадна паста, волоський горіх, харчова цінність, рецептура, харчові технології, функціональний продукт, пастоподібні продукти, переробка горіхів.

## ЗМІСТ

	Стор
<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИРОБНИЦТВА ГОРІХОВОЇ ПАСТИ</b> .....	8
1.1 Харчова та біологічна цінність люцерни.....	8
1.2. Використання люцерни у технології харчових продуктів.....	11
1.3 Екстракт люцерни, як багате джерело поживних речовин для використання в харчових продуктах	16
1.4. Застосування тофу в основі харчування оздоровчого призначення	20
<b>РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	25
2.1 Матеріали досліджень.....	15
2.2 Методи досліджень.....	26
<b>РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	23
3.1 Технологія виробництва, хімічний склад та використання люцернового білка .....	32
3.2 Розроблення технології тофу з екстрактом люцерни .....	27
3.2.1. Дослідження кольору тофу.....	35
3.2.2. Текстура тофу з додаванням люцерни.....	35
3.3.3. Сенсорна оцінка.....	38
3.3 Дослідження терміну зберігання тофу з додаванням екстракту люцерни.....	38
<b>РОЗДІЛ. 4. ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ШОКОЛАДНОЇ ПАСТИ</b> .....	41
4.1. Техніко-економічне обґрунтування виробництва шоколадної пасти.....	41
4.2. Економічна ефективність впровадження.....	42
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	44
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	46

## ВСТУП

У сучасних умовах активного розвитку харчової промисловості особливої актуальності набуває створення продуктів оздоровчого призначення, які не лише забезпечують енергетичні потреби організму, але й сприяють профілактиці захворювань, підвищенню імунітету, поліпшенню загального самопочуття. Зростаючий попит споживачів на здорове та функціональне харчування зумовлює необхідність пошуку нових джерел біологічно активних речовин природного походження, які можуть бути ефективно використані у харчових технологіях.

Одним із перспективних інгредієнтів у цьому контексті є люцерна (*Medicago sativa*) – багаторічна бобова культура, відома своїм високим вмістом білка, вітамінів (А, С, Е, К), мінералів (кальцій, залізо, калій), хлорофілу та харчових волокон. Люцерна проявляє антиоксидантні, гіпохолестеринемічні, імуностимулювальні властивості, що робить її актуальною для використання як дієтичної добавки у рецептурах продуктів функціонального та оздоровчого призначення.

Сучасні тенденції розвитку харчової промисловості спрямовані на створення функціональних продуктів, що не лише задовольняють енергетичні потреби організму, а й здійснюють позитивний вплив на фізіологічні процеси та сприяють профілактиці захворювань. У цьому контексті особливої уваги заслуговують природні дієтичні добавки, багаті на біологічно активні речовини. Однією з таких перспективних рослин є люцерна (*Medicago sativa*) – джерело вітамінів, мінералів, харчових волокон, флавоноїдів і хлорофілу.

У харчовій промисловості люцерна може використовуватись як компонент оздоровчих продуктів, що позитивно впливають на імунну, травну й серцево-судинну системи. Водночас практичне впровадження люцерни у рецептури харчових продуктів потребує науково обґрунтованих рішень щодо її форми, дозування, впливу на якісні характеристики та споживчі властивості готової продукції.

У зв'язку з цим виникає необхідність у дослідженні ефективності використання дієтичної добавки на основі люцерни для створення харчових продуктів оздоровчого призначення, які відповідатимуть вимогам щодо якості, безпеки та функціональності.

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

У зв'язку з підвищеним попитом на продукти оздоровчого та функціонального призначення, харчова промисловість активно досліджує можливості використання природних біологічно активних речовин у складі харчових продуктів. Серед них перспективною є люцерна посівна (*Medicago sativa*), яка містить широкий спектр нутрієнтів: білки, клітковину, вітаміни групи В, вітаміни А, С, Е, К, макро- та мікроелементи (Fe, Ca, Mg, Zn), сапоніни, флавоноїди, хлорофіл [1, 2].

### 1.1. Харчова та біологічна цінність люцерни

Сучасний розвиток харчової промисловості орієнтований на створення продуктів з високою біологічною цінністю, що не лише забезпечують харчову потребу організму, а й сприяють зміцненню здоров'я, профілактиці захворювань та покращенню якості життя населення. У зв'язку з цим зростає інтерес до функціональних інгредієнтів природного походження, зокрема рослинної сировини, багатой на біологічно активні сполуки [1, 2].

Одним із перспективних джерел такої сировини є люцерна (*Medicago sativa* L.), яка традиційно застосовується в народній медицині та ветеринарії, а нині активно вивчається з точки зору її використання у харчових технологіях. Люцерна містить широкий спектр нутрієнтів: білки, клітковину, сапоніни, флавоноїди, вітаміни групи В, С, Е, К, каротиноїди, мінеральні речовини (Ca, Fe, Mg, Zn) та хлорофіл [3, 4]. Завдяки цьому вона демонструє антиоксидантну, імуномодуючу, гіполіпідемічну та детоксикаційну дію [5].

Наукові дослідження засвідчують, що біологічно активні речовини люцерни позитивно впливають на обмін речовин, знижують рівень холестерину в крові, сприяють очищенню печінки та мають протизапальні властивості [6, 7]. Ці характеристики роблять люцерну перспективною сировиною для створення харчових продуктів оздоровчого призначення, таких як хлібобулочні вироби, напої, батончики, функціональні добавки тощо [8].

Особливу увагу дослідників привертає використання порошку із зеленої маси люцерни, екстрактів чи концентратів у рецептурі харчових продуктів, що дозволяє збагачувати їх поживну та біологічну цінність без суттєвого впливу на смакові якості або технологічні властивості [9]. Наприклад, введення порошку люцерни у вироби з тіста покращує амінокислотний склад, збільшує вміст харчових волокон, підвищує антиоксидантну активність [10].

Водночас наукова література відзначає деякі технологічні виклики, пов'язані з використанням люцерни у харчовій промисловості: специфічний аромат і колір, потреба у стандартизації сировини та обмежена стабільність деяких біоактивних компонентів під час термічної обробки [11].

Люцерна широко застосовується у тваринництві, однак у нещодавні роки активно досліджується як функціональна сировина для продуктів харчування. Наукові праці [3–5] свідчать, що порошок з висушеної зеленої маси люцерни може збагачувати харчові продукти рослинним білком, антиоксидантами та фітонутрієнтами. Завдяки високому вмісту хлорофілу та флавоноїдів, люцерна має антиоксидантні, протизапальні та гіпохолестеринемічні властивості [6].

Люцерна посівна (*Medicago sativa* L.) є однією з найперспективніших рослин для використання у харчових технологіях оздоровчого призначення завдяки багатому хімічному складу та вмісту біологічно активних речовин. Традиційно вона використовувалась у тваринництві як кормова культура, однак сьогодні зростає інтерес до її застосування в технології продуктів функціонального харчування для людини.

Харчова цінність люцерни зумовлена високим вмістом:

Білка – у сушеній зеленій масі білковий компонент може сягати до 20–22%, що робить люцерну альтернативним джерелом рослинного білка для вегетаріанських і веганських продуктів.

Клітковини – до 25–30%, включаючи розчинну та нерозчинну клітковину, що сприяє нормалізації роботи шлунково-кишкового тракту.

*Вітамінів:*

β-каротину (провітамін А) — до 80 мг/100 г,

вітаміну С — до 30 мг/100 г,

вітаміну Е — до 10 мг/100 г,

вітаміну К1 — до 1000 мкг/100 г,

вітамінів групи В (В1, В2, В6, фолієва кислота).

*Мінеральних речовин:*

Кальцій (Са) — до 1500 мг/100 г,

Магній (Mg) — до 300 мг/100 г,

Залізо (Fe) — до 80 мг/100 г,

Цинк (Zn) — до 5 мг/100 г.

Цей склад забезпечує люцерні статус природного мультивітамінного комплексу.

Біологічна активність люцерни пояснюється наявністю комплексу фітонутрієнтів:

Флавоноїди (наприклад, лютеолін, апігенін, кемпферол) – мають потужну антиоксидантну дію, допомагають зменшити запалення і сприяють судинному здоров'ю.

Сапоніни – знижують рівень холестерину, покращують імунну відповідь, мають антибактеріальні властивості.

Хлорофіл – природний антиоксидант, відомий своїми кровоочисними та протипухлинними властивостями.

Ізофлаволи – природні фітоестрогени, що позитивно впливають на гормональний баланс та можуть знижувати ризик остеопорозу й серцево-судинних захворювань.

Додаткові біоактивні властивості

Гіпохолестеринемічна дія – дослідження показали, що екстракти люцерни здатні знижувати загальний рівень холестерину в крові на 15–20% при регулярному вживанні.

Протизапальна активність – сапоніни та флавоноїди знижують вироблення простагландинів і цитокінів, зменшуючи запалення.

Антиоксидантний потенціал – завдяки вмісту поліфенолів та вітаміну Е, люцерна ефективно нейтралізує вільні радикали.

Нейропротекторна активність – флавоноїди здатні покращувати когнітивну функцію та захищати нервову систему.

У харчовій промисловості люцерна може застосовуватися у вигляді порошку, екстракту або концентрату для збагачення хлібобулочних, макаронних, молочних виробів, напоїв, батончиків, протеїнових добавок та інших функціональних продуктів.

Враховуючи багатий склад та високу біологічну активність, люцерна є перспективним інгредієнтом для використання у технологіях харчових продуктів оздоровчого та лікувально-профілактичного призначення, зокрема для людей із серцево-судинними порушеннями, анемією, діабетом 2 типу, а також осіб, що ведуть активний спосіб життя.

## **1.2. Використання люцерни у технології харчових продуктів**

Дослідження [7, 8] вказують на можливість застосування люцерни у вигляді порошку, концентрату або екстракту для збагачення хлібобулочних, макаронних виробів, напоїв, соусів, йогуртів та дієтичних добавок. Важливою умовою є контроль дозування, щоб уникнути зміни смакових властивостей продукту та забезпечити бажаний функціональний ефект.

Люцерна може бути використана в різних формах: порошок, екстракти, концентрати. Її додавання до харчових продуктів, таких як хлібобулочні вироби, напої, соуси, йогурти, може збагачувати їх білками, клітковиною та біологічно активними речовинами. Наприклад, дослідження показали, що використання борошна з насіння люцерни в безглютенових печивах призводило до підвищення вмісту білка, клітковини та антиоксидантної активності продукту .

Крім того, люцерна має потенціал для використання в напоях. Дослідження показали, що сік люцерни та залишковий матеріал після його отримання мають високий вміст білків, клітковини та мінералів, а також антиоксидантну активність, що робить їх перспективними інгредієнтами для функціональних напоїв.

#### *Біологічна активність та потенційні переваги для здоров'я*

Люцерна містить біологічно активні сполуки, такі як ізофлавоони, флавоони, сапоніни та поліфеноли, які мають антиоксидантні, протизапальні та гіпохолестеринемічні властивості. Дослідження показують, що додавання люцерни до раціону може сприяти зниженню рівня холестерину, покращенню контролю рівня цукру в крові та зменшенню ризику серцево-судинних захворювань.

Крім того, люцерна може мати нейропротекторні властивості. Дослідження виявили, що певні ізофлавонові глікозиди, виділені з люцерни, мають антиоксидантну активність та здатність інгібувати ацетилхолінестеразу, що може бути корисним при нейродегенеративних захворюваннях.

#### *Форми використання люцерни в харчових технологіях*

У харчовій промисловості використовують такі форми люцерни:

- Порошок із висушених листків або проростків – найбільш універсальна форма, яку додають до різних видів продукції.
- Хлорофіловий екстракт – застосовується як природний барвник та антиоксидант.
- Люцернове борошно – знежирене або повножирне, може частково замінювати традиційні борошняні інгредієнти.
- Сік або концентрат із пророщених пагонів – використовується в функціональних напоях.
- Біоактивні добавки на основі ізольованих фракцій – ізофлавонів, сапонінів, флавоноїдів.

Застосування в окремих групах харчових продуктів

## 1. Хлібобулочні та борошняні вироби

- Додавання 2–5% порошку люцерни у пшеничне або безглютенове тісто:

- Підвищує вміст білка та харчових волокон.
- Покращує біологічну цінність.
- Збагачує продукт мікроелементами (особливо кальцієм та залізом).
- Може змінювати колір тіста на зеленуватий через хлорофіл, що потребує корекції рецептури.

## 2. Функціональні напої

- Сік з люцерни або її екстракт може використовуватись у складі:
  - Зелених смузі, сокових коктейлів, фітодобавок.
  - Напоїв з пробіотичними або пребіотичними властивостями.
- Висока антиоксидантна активність люцернового соку дозволяє йому знижувати окислювальне навантаження на організм.

## 3. Білкові та спортивні продукти

- Люцерна може бути джерелом рослинного білка у:
  - Протеїнових батончиках.
  - Сумішах для шейків.
  - Харчових добавках для спортсменів або вегетаріанців.
- Має переваги завдяки високому вмісту амінокислот (в тому числі незамінних), вітамінів та антиоксидантів.

## 4. Молочні та кисломолочні продукти

- Люцерновий порошок може додаватись у йогурти, сири, десерти як збагачувач:
  - Підвищує вміст клітковини та антиоксидантів.
  - Покращує текстуру і надає натурального кольору.
  - Працює як стабілізатор або функціональна добавка (наприклад, при використанні з інуліном чи пектином).

## 5. Функціональні харчові добавки

- Люцерна у формі капсул або таблеток:

- Використовується як дієтична добавка для підтримки імунітету, детоксикації, нормалізації обміну речовин.

- Часто входить до складу комплексних фітопрепаратів.

Переваги технологічного використання люцерни

- Стабільна сировина – вирощується у різних регіонах України, проста в переробці.

- Низька собівартість порівняно з іншими джерелами білка або антиоксидантів.

- Природне походження – відповідає трендам clean label та органічного виробництва.

- Технологічна універсальність – може бути адаптована до багатьох рецептур (сухі суміші, заморожені продукти, напівфабрикати, концентрати).

Сучасні дослідження підтверджують перспективність використання люцерни (*Medicago sativa L.*) у виробництві функціональних харчових продуктів:

- Напої: Дослідження показали, що ліофілізований сік люцерни містить високий рівень білка (23–30 г/100 г), фенольних сполук та антиоксидантну активність, що робить його перспективним інгредієнтом для функціональних напоїв .

- Хлібобулочні вироби: Додавання борошна з насіння люцерни до безглютенових печив покращує їхню харчову цінність, антиоксидантну активність та сенсорні характеристики .

- Пророщені продукти: Пророщування насіння люцерни збільшує вміст білка, вітамінів та антиоксидантів, що робить її цінним інгредієнтом для функціональних продуктів .

- Екстракти: Полісахариди, виділені з люцерни, демонструють антиоксидантні, імуномодулюючі та протизапальні властивості, що відкриває можливості для їхнього використання в харчових добавках .

- Покриття для зберігання: Сапоніни люцерни використовуються для створення їстівних покриттів, які подовжують термін зберігання овочів, таких як помідори.

## Порівняння форм використання люцерни в харчових продуктах

Форма люцерни	Застосування	Переваги	Обмеження
Порошок із листя	Хлібобулочні вироби, напої, батончики	Високий вміст білка, клітковини, антиоксидантів	Може змінювати колір та смак продукту
Пророщене насіння	Салати, сендвічі, смузі	Підвищений вміст вітамінів та антиоксидантів	Обмежений термін зберігання
Екстракти (полісахариди)	Функціональні напої, харчові добавки	Імуномодуючі та антиоксидантні властивості	Потребують стандартизації та стабілізації
Сапоніни	Їстівні покриття для овочів та фруктів	Подовжують термін зберігання, зменшують втрати маси	Потребують додаткових досліджень щодо безпеки та ефективності
Борошно з насіння	Безглютенові вироби, печиво	Покращує текстуру, підвищує харчову цінність	Може впливати на смак та колір готового продукту

Таким чином, люцерна має значний потенціал для використання в харчовій промисловості завдяки своєму багатому хімічному складу та функціональним властивостям. Сучасні дослідження підтверджують її ефективність у різних формах: від порошку до екстрактів та пророщеного насіння. Важливо враховувати особливості кожної форми при розробці нових продуктів, зокрема їхній вплив на смак, колір та текстуру.

**Проблематика впровадження рослинних добавок.** Під час розробки продуктів з додаванням рослинної сировини, включно з люцерною, необхідно враховувати можливі зміни текстури, кольору, запаху та консистенції [9]. Дослідники підкреслюють необхідність комплексного підходу до оцінки органолептичних, мікробіологічних та фізико-хімічних показників, а також безпечності та збереженості продукції [10].

Таким чином, літературні джерела свідчать про високий потенціал люцерни як джерела біологічно активних речовин для створення харчових продуктів оздоровчого призначення. Проте для обґрунтованого її використання необхідно провести експериментальні дослідження з урахуванням рецептурного складу, дозування, впливу на якість готової продукції та доцільності виробничого впровадження.

### **1.3 Екстракт люцерни, як багате джерело поживних речовин для використання в харчових продуктах**

Люцерна (*Medicago sativa* L.) – це бобова культура, яку культивують близько 2000 років і яка переважно використовується в годівлі тварин завдяки високому вмісту білка та клітковини, який коливається від 170 до 220 г білка та близько 40–50% целюлози та лігніну на кілограм сухої ваги пагона (Gawel & Grzelak 2014).

Останні тенденції до недорогих джерел білка викликали підвищений інтерес до рослинних білків як доповнення або заміни дорожчих тваринних білків.

Хоча люцерна переважно використовується в кормах для тварин, вона нещодавно була введена в раціон людини завдяки своєму багатству на легкозасвоювані білки, мінерали, вітаміни та незамінні амінокислоти. Крім того, як поживний продукт, ця трава має м'який смак і добре підходить для салатів, тортільй, крокетів, пудингів, супів та запіканок. У Європі її в основному споживають у вигляді паростків, які додають до салатів та бутербродів сирими або вареними.

Люцерна зазвичай доступна у вигляді харчової добавки (капсули, таблетки, порошок), що складається з ізоляту рослинного білка або порошкоподібної надземної частини, а також у вигляді настоїв з листя та насіння.

Завдяки багатому вмісту білків, вітамінів, мінералів, ізофлавонів та інших речовин з естрогенною активністю, протизапальними властивостями та антиоксидантною активністю (каротини, хлорофіл), люцерна може бути використана як ефективний функціональний інгредієнт у дієтичній профілактиці та лікуванні кількох метаболічних станів, особливо метаболічного синдрому (Lamsal et al. 2007, Bora & Sharma 2011, Sadeghi et al. 2016).

Листя люцерни, зокрема, має значний потенціал для використання людиною завдяки своїй харчовій цінності та високій врожайності білка з гектара (Pirie 1972).

Залежно від їхньої розчинності, листкові білки люцерни класифікуються на дві категорії. Нерозчинна зелена фракція пов'язана з ліпідами, хлорофілом та каротиноїдами і складається переважно з хлоропластидальних пластинчастих білків. Біла фракція (розчинна) містить 65% RuBisCO (рибулозо-1,5-дифосфаткарбоксилази/оксигенази), білка, який вважається найпоширенішим у світі (Firdaous et al. 2017).

Обидві фракції мають хороший баланс у складі незамінних амінокислот згідно з рекомендаціями FAO (Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН) та WHO (Всесвітньої організації охорони здоров'я). Їхня висока функціональність робить білки люцерни важливим джерелом як для харчової, так і для фармацевтичної промисловості (Lamsal et al. 2007).

Крім того, білки люцерни мають чудові функціональні властивості і тому знаходять широке застосування у фармацевтичному секторі: наприклад, повідомлялося, що їхні антиоксидантні властивості корисні при діабеті, впливаючи на пошкоджені клітини (Sadeghi et al. 2016), атеросклерозі,

серцевих захворюваннях, гіперхолестеринемії (Reilly 1989) та різноманітних розладах центральної нервової системи (ЦНС), таких як тривога (Bora & Sharma 2011).

Метою цього дослідження було оцінити харчовий склад деяких побічних продуктів, отриманих наприкінці виробничого процесу харчової добавки «Комплекс люцерни», з перспективою використання цих побічних продуктів у харчовій промисловості.

Хімічний склад борошна з концентрату люцерни наведено в таблиці 1.2 і показує, що цей побічний продукт є багатим джерелом білка та сирової клітковини, оскільки їх вміст становить 34,24% та 21,38% відповідно.

*Таблиця 1.2*

Хімічний склад концентрату люцерни (г/100 г, на основі сухої маси)

Склад	Люцерновий концентрат
Загальний білок (N x 6,25)	34,24 ± 0,26
Зола	11,65 ± 0,11
Сира клітковина	21,38 ± 0,32
Загальний вміст ліпідів	1,39 ± 0,11
Загальний вміст вуглеводів	57,17 ± 0,05

Концентроване борошно з люцерни можна розглядати як джерело цікавих вуглеводних сполук з доданою цінністю та потенційними пребіотичними властивостями, корисних для розробки функціональних харчових продуктів, а також нутрицевтиків.

У цьому дослідженні було проаналізовано вміст шести біологічно незамінних мінеральних елементів: калію (K), кальцію (Ca), магнію (Mg), заліза (Fe), натрію (Na) та марганцю (Mg), а також ще одного незамінного мікроелемента: цинку (Zn).

Таблиця 1.3

Вміст мінеральних речовин в екстракті люцерни (мг/100 г)

Склад	Екстракт з люцерни	(FDA 2011)
Калій	2300 ± 2,05	4700
Кальцій	2100 ± 0,89	1000
Магній	790 ± 1,20	400
Залізо	17 ± 1,85	18
Натрій	9 ± 1,6	2400
Марганець	3,8 ± 1,91	400
Цинк	2,5 ± 1,70	15

З проведених аналізів можна побачити, що екстракт з люцернового концентрату являє собою матеріал з важливим мінеральним вмістом, 100 г цього матеріалу забезпечують добову норму споживання деяких із цих елементів відповідно до Рекомендованої добової норми споживання (RDI) макронутрієнтів та мікронутрієнтів, рекомендованої FDA (2011). Зокрема, 100 г цього побічного продукту містять необхідну добову норму споживання заліза та половину добової потреби в калії, кальції та магнії.

Амінокислотний склад люцернового концентрату наведено в таблиці 1.4. Результати показують, що борошно з люцернового концентрату містить велику кількість усіх незамінних амінокислот, зокрема лейцину (6,42%), валіну (4,25%) та фенілаланіну (4,12%). Однак, білок борошна з люцернового концентрату є досить низьким джерелом метіоніну (1,42%) та цистеїну (0,53%).

Таблиця 1.4

Амінокислотний склад люцернового концентрату (як г амінокислоти/100 г білка).

Тип амінокислоти	Люцерниновий концентрат	
Незамінні амінокислоти	Метіонін	1.42
	Лейцин	6.42
	Валін	4.25
	Лізин	3.46
	Фенілаланін	4.12
	Ізолейцин	3.23

	Треонін	3.59
	Гістидин	1.51
Незамінні амінокислоти	Глутамінова кислота	7.49
	Гліцин	4.34
	Серин	3.54
	Пролін	4.74
	Аспаргінова кислота	5.71
	Аланін	4.83
	Тирозин	2.35
	Аргінін	3.94
	Цистеїн	0.53

Незамінні амінокислоти дуже важливі для здоров'я людини, оскільки вони не можуть бути біосинтезовані *de novo*, але служать будівельними блоками певних білків, які відіграють важливу роль в організмі людини (Zho 2007).

Таким чином, люцерновий концентрат є цінним джерелом мінералів, особливо калію, кальцію, магнію та заліза. Збільшення вмісту борошна з люцернового концентрату в різних харчових продуктах може призвести до збільшення вмісту харчових волокон, мінералів, білків та амінокислот.

#### **1.4. Застосування тофу в основі харчування оздоровчого призначення**

Останнім часом, оскільки загальне життя людини стало зручнішим, почастишав малорухливий спосіб життя, а також зростають різні захворювання дорослих та хронічні захворювання. Кількість споживачів, які шукають різноманітні здорові функціональні продукти та дієти з цільних продуктів, зростає. Серед них було виявлено високий рівень обізнаності та купівлі соєвих бобів, тофу та традиційних соусів, а серед них тофу показав найвищу перевагу [1].

Перша письмова згадка про тофу з'являється у Ванпільсулі короля Юаня з Хуайнаня (178-122 рр. до н. е.) династії Хань, і можна припустити, що

тофу був завезений до Кореї з кінця періоду Трьох царств до початку періоду Об'єднаної Сілла [2-4]. Тофу, представник обробленого харчового продукту, виготовленого з соєвих бобів, використовувався різними способами в азійських країнах, включаючи Корею, і останнім часом розширюється його використання як глобального продукту харчування [1]. Тофу має м'який смак і містить велику кількість мінералів, таких як кальцій, залізо та незамінні амінокислоти [5]. Тофу — це харчовий продукт у формі гелю, який виготовляється шляхом подрібнення соєвих бобів з водою для осадження та коагуляції білків і компонентів  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$ , а потім їх дегідратації [7]. Тофу – це продукт із соєвого білка, який легко перетравлюється та засвоюється організмом людини, його легко їсти, а також він недорогий [8]. Незамінні амінокислоти, такі як лізин, яких часто не вистачає в раціоні, що базується на зернових продуктах

Він багатий на поживні речовини, легко засвоюється та є джерелом високоякісного білка, і набирає популярності не лише в азійських країнах, таких як Китай та Японія, але й на Заході як глобальне джерело їжі [9]. Також відомо, що він містить велику кількість сапоніну та флавоноїдів, які є фізіологічно активними речовинами, що проявляють антиоксидантну та протиракову дію. Лецитин, що міститься в тофу, має ефект активації мозку, тому він ефективний у запобіганні деменції та старінню, які спричиняють зниження пам'яті та концентрації уваги.

Харчова цінність тофу залежить від виду сої, виду соєвого молока та виду використаного коагулянту, але зазвичай він містить 85,0% вологи, 4,2% сирого жиру, 7,8% сирого білка тощо, а також 84 ккал на 100 г [10]. Основною поживною речовиною в тофу є білок, і найважливішим фактором при оцінці його якості є те, скільки білка може бути використано організмом після вживання. Це називається чистим використанням білка (ЧУБ). НПУ тофу становить 65%, що дорівнює показнику курки, вище, ніж у інших соєвих продуктів, і є лужним продуктом, багатим на  $\text{Ca}^{2+}$  [11, 12]. Якість та вихід тофу залежать від виду сирової сої, умов замочування сої, концентрації соєвого

молока та часу нагрівання, виду та концентрації коагулянту, кількості коагулянту, швидкості перемішування та кількості перемішування після додавання коагулянту, температури коагуляції, часу формування та тиску [23, 24]. Серед цих різних умов відомо, що найбільший вплив мають тип і кількість використаного коагулянту [14]. Тим часом, останнім часом активно проводяться дослідження, спрямовані на одночасне доповнення корисних властивостей для здоров'я та покращення придатності до зберігання шляхом додавання до тофу різних натуральних інгредієнтів, що містять фізіологічно активні речовини [25, 26]. Під час приготування тофу використовуються не лише соєві боби, але й молоко, пальмова олія та кокос для доповнення поживних речовин, а також часник, зелений чай, сливовий сік, ягоди магнолії, хлорела та зелений чай для покращення корисних властивостей тофу для здоров'я та зберігання, а також використовуються коагулянти, такі як хітозан та лактат кальцію [5,6]. Відповідно, розробки в галузі переробки тофу здійснюються різними способами, включаючи покращення харчової цінності тофу та подовження терміну його зберігання.

Отже, ми дізнаємося про зростаючий інтерес до тофу, представника здорової їжі в нашому житті, та про правильний спосіб споживання їжі, а також розглянемо харчову реакцію різних видів тофу в нашому житті на організм людини на основі попередніх досліджень.

Сучасне суспільство приділяє дедалі більше уваги здоровому способу життя, зокрема раціональному харчуванню. У цьому контексті велике значення має пошук альтернативних джерел білка, що сприяють збереженню здоров'я та профілактиці захворювань. Одним із таких продуктів є тофу – соєвий сир, який вже давно відомий у східних культурах, а нині активно впроваджується в оздоровчі дієти й у західному світі.

Тофу є концентрованим джерелом високоякісного рослинного білка. У 100 г продукту міститься в середньому 8–12 г білка, що робить його цінною альтернативою м'ясу для вегетаріанців, веганів, а також для людей із

непереносимістю лактози або алергією на молочні білки. Крім того, тофу містить:

- Омега-3 жирні кислоти;
- Кальцій, залізо, магній, фосфор;
- Ізофлавіони – рослинні естрогени, які позитивно впливають на гормональний баланс.

Регулярне включення тофу до раціону може мати низку позитивних ефектів на здоров'я:

- Профілактика серцево-судинних захворювань – завдяки вмісту ненасичених жирних кислот та ізофлавінів тофу сприяє зниженню рівня холестерину в крові.

- Підтримка кісткової системи – високий вміст кальцію, особливо у збагачених сортах тофу, робить його корисним для профілактики остеопорозу.

- Гормональний баланс у жінок – фітоестрогени у складі тофу можуть пом'якшувати симптоми менопаузи та регулювати гормональний фон.

- ✓ Тофу є складовою багатьох оздоровчих дієт, зокрема:
- ✓ Середземноморської дієти, де він може замінювати червоне м'ясо;
- ✓ Веганської та вегетаріанської дієти;
- ✓ Дієт при серцево-судинних захворюваннях;
- ✓ Гіпокалорійних дієт для зниження маси тіла.

Низький вміст калорій (приблизно 70–100 ккал на 100 г) робить його придатним продуктом для раціону людей із надмірною масою тіла або ожирінням.

Тофу є надзвичайно універсальним продуктом. Його нейтральний смак дозволяє застосовувати його як у солоних, так і в солодких стравах. Він може бути смаженим, тушкованим, запеченим, додаватися до супів, салатів, десертів. Це дозволяє широко використовувати тофу в меню лікувально-профілактичного харчування.

Отже, тофу є цінним харчовим продуктом, що поєднує високу поживну цінність, профілактичний потенціал та універсальність у кулінарії. Його

регулярне споживання може зробити вагомий внесок у підтримання здоров'я, попередження хронічних захворювань та загальне покращення якості життя. У зв'язку з цим тофу заслуговує на ширше впровадження у харчування оздоровчого призначення, як у клінічній дієтології, так і в системі громадського харчування.

Антиоксидантна дія – ізофлавоїни мають властивість зменшувати окислювальний стрес, що сприяє зниженню ризику виникнення онкологічних захворювань.

## РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1. Матеріали дослідження

Насіння сої (білої) та люцерни, що використовувалися в цьому експерименті, були придбані у великому супермаркеті та використані як зразки. Коагулянт для виробництва тофу був хлорид магнію ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , Taejin GNS Co., Ltd., Інчхон, Корея), а реагент для аналізу ізофлавонів був придбаний у Sigma (Сент-Луїс, Міссурі, США). Інші використані розчинники та реагенти для екстракції були аналітичного класу та класу для ВЕРХ. Тофу, виготовлений з додаванням люцерни. Соєві боби замочували у водопровідній воді протягом 12 годин, розводили 9-кратною кількістю дистильованої води, подрібнювали протягом 5 хвилин у м'ясорубці (MX-2050, Braun, Франкфурт, Німеччина) та фільтрували через фільтрувальну тканину для видалення жиру. Люцерну двічі екстрагували, додаючи дистильовану воду в 10 разів більшу за вагу зразка та кип'ятячи зі зворотним холодильником при  $80^\circ C$  протягом 3 годин, а потім концентрували під зниженим тиском за допомогою роторного випарника (N-1000S, EYELA, Токіо, Японія) перед додаванням у виробництво тофу. Тофу виготовляли шляхом кип'ятіння 1000 мл соєвого молока на водяній бані при температурі  $80^\circ C$  протягом 10 хвилин, додавання 0,5% коагулянту та 0, 0,25, 0,5, 0,75 та 1% екстракту насіння люцерни, а потім залишення його при кімнатній температурі на 10 хвилин для коагуляції. Сир помістили в невелику форму для тофу ( $12 \times 12 \times 11$  см) і пресували каменем вагою 2 кг протягом 20 хвилин для отримання тофу. Потім його зберігали в холодильнику протягом 10 днів і використовували в експерименті.

Зразок для аналізу був виготовлений шляхом ліофілізаційного сушіння виготовленого тофу та використаний для аналізу. Загальний аналіз компонентів виробленого тофу вимірювали згідно з методом АОАС (22).

## 2.2 Методи досліджень

*Вміст вологи* вимірювали методом нагрівання та сушіння за атмосферного тиску при 105°C.

*Вміст білка* вимірювали методом визначення азоту за К'ельдалем.

*Вміст золи* вимірювали методом сухої золи.

*Вимірювання виходу, рН та каламутності.* Вихід тофу виражали у % від ваги отриманого тофу на грам використаної сирової сої, після множення кількості води на 10 та вимірювання ваги сирого тофу, виготовленого з отриманого соєвого молока.

Значення рН тофу вимірювали за допомогою рН-метра (К 360, KjelFlex, Флавіль, Швейцарія) після подрібнення 5 г виготовленого тофу з 50 мл дистильованої води.

Каламутність вимірювали шляхом фільтрування чистої води виготовленого тофу через фільтрувальний папір (№ 2, Advantec, Токіо, Японія) та вимірювання поглинання фільтрату при 600 нм за допомогою спектрофотометра (UV-1201, Shimadzu, Кіото, Японія) з триразовим повторенням.

*Вимірювання хроматичності.* Хроматичність вимірювали за допомогою колориметра (CR-300, Minolta, Токіо, Японія) з використанням системи Hunter. Значення L (світлина), що вказує на яскравість, значення a (червоність), що вказує на почервоніння, та значення b (жовтизна), що вказує на кольоровість, вимірювали та виражали як середнє значення.

Як стандартне значення кольору використовували калібрувальну платформу зі значенням L 96,28, значенням a 0,08 та значенням b 1,80. Вимірювання текстури Текстуру тофу з додаванням люцерни вимірювали тричі за допомогою реометра (Comrac-100, Sun Sci. Co., Който, Японія), нарізаного на шматки одного розміру (3 × 3 × 2 см). Умови вимірювання були такими: відстань 7,0 мм, тип адаптера: циклічний, вага тензодатчика 2 кг, швидкість столу: 60 мм/хв, а також були виражені значення твердості, пружності, когезивності, гумоподібності та крихкості.

*Аналіз вмісту ізофлавонів.* Кількісний аналіз ізофлавонових компонентів проводили за методом Сео та ін. (23). Було взято 1 г ліофілізованого зразка, додано 15 мл 1 N HCl та гідролізовано у воді з постійною температурою 100 °C (BS-21, JEIO tech, Теджон, Корея) протягом 90 хвилин. Після охолодження при кімнатній температурі протягом 30 хвилин додали 35 мл метанолу та екстрагували центрифугуванням при 3000 об/хв протягом 1 години. Частину супернатанту фільтрували через 0,2 мкм PTFE-фільтр для шприца (кат. № 25JP020AN, Advantec) та використовували як зразок для аналізу ВЕРХ. Геністеїн та даїдзеїн (Sigma Chemical Co.) використовували як стандартні речовини для ізофлавонів. Аналітичні умови для вимірювання вищезгаданого зразка були наступними: ВЕРХ Agilent (серія 1200, Agilent Technology, Пало-Альто, Каліфорнія, США), колонка Kromasil C18 (100-5-C18 4,6×250 мм, Eka chemicals, Bohus, Швеція), рухома фаза 0,1% оцтової кислоти у воді, 0,1% оцтової кислоти в ацетонітрилі (65:35, об./об.), вимірювання проводилося на УФ-детекторі 254 нм. Об'єм введеного зразка становив 10 мкл, а швидкість потоку – 1,0 мл/хв.

*Статистичний аналіз* було проведено за допомогою статистичної програми SPSS (Statistical Package for the Social Science, версія 12.0, SPSS Inc., Чикаго, Іллінойс, США). Було розраховано середнє значення та стандартне відхилення кожного вимірювання, а наявність відмінностей між методами лікування проаналізовано за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (аналізу варіації) з подальшим тестуванням на значущість на рівні  $p < 0,05$  за допомогою критеріїв Стюдента.

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1 Технологія виробництва, хімічний склад та використання люцернового білка

Останнім часом спостерігається зростаючий інтерес до різних дієтичних добавок, які забезпечують специфічний фізіологічний та профілактичний ефект і таким чином сприяють покращенню стану здоров'я [1]. Однією з таких дієтичних добавок є білково-ксантафіловий концентрат люцерни (ККС) (у літературі також називається білково-ксантафіловим концентратом-РХ або l'Extrait Foliaire de Luzerne-EFL), вироблений з люцерни (*Medicago sativa* L.) і містить понад 50% загального білка та 1200-2200 мг/дм<sup>3</sup> ксантофілів [2-4]. Здатність ККС поглинати азот, висока врожайність та цікава поживна цінність роблять його значущим з точки зору харчування. Аналіз хімічного складу показав, що надземна частина люцерни, особливо листя, містить, окрім білка та цінних амінокислот, велику кількість провітаміну А ( $\beta$ -каротину), вітаміни В, С, D, Е та К, а також мінеральні солі: калій, залізо, кальцій та фосфор. Наразі концентрат ККС отримує все більше визнання як кормова добавка [5-10]. Галі та Алкоайк [11] повідомили, що комерційні побічні продукти виробництва білкового концентрату люцерни мають економічну цінність (лікер можна використовувати як середовище для росту бактерій). Крім того, корисний склад та висока поживна цінність препарату сприяють його включенню до раціону людини як основної добавки. Хоча ксантофіловий концентрат білка люцерни є хорошим джерелом для виробництва функціональних продуктів харчування, його застосування обмежене через погану розчинність та негативні сенсорні властивості [12]. Багатий склад люцерни відображається у великій кількості вторинних метаболітів, таких як, наприклад, кумарини, ізофлавіони, нафтохінон, сапоніни або алкалоїди [13,14]. Однак деякі речовини, зокрема фітоестрогени (головним чином куместерол) та амінокислота L-канаванін, викликають занепокоєння.

Рівень основних поживних речовин у білково-ксантафіловому концентраті (БКС) з люцерни, отриманої за чотири наступні роки (2009-2012), представлено в таблиці 1. Вміст сирого протеїну в середньому досяг 533,9 г/кг, тоді як інші автори [26, 27] повідомляли про дещо нижчі значення (450-470 г/кг) щодо аналогічних препаратів люцерни, але вироблених за різних технологічних умов. Окрім загального рівня білка, важливий також його амінокислотний склад, оскільки він відповідає за біологічну цінність білка (таблиця 3.2). Серед амінокислот було показано, що аспарагінова кислота переважає. Сума екзогенних амінокислот досягла 415 г/кг білка, при цьому цистеїн був лімітуючою амінокислотою. Варто порівняти амінокислотний склад концентрату люцерни та сухого молока. Досліджуваний препарат БКС помітно відрізнявся за вмістом проліну та глютамінової кислоти від сухого молока, тоді як вміст інших амінокислот був на подібному рівні (таблиця 3.2). Корисне співвідношення амінокислот додатково впливає на їх високу біодоступність. Дослідження *in vivo* та *in vitro* щодо перетравності білків листового концентрату продемонстрували її підвищення навіть до 65-85% [28-32]. Висока перетравність поживних речовин люцернового концентрату є результатом низького вмісту сирової клітковини (в середньому 5,9 г/кг). Аналіз зразків концентрату, відібраних протягом чотирьох наступних років, показав незначні відмінності у вмісті сирової клітковини, особливо целюлози та геміцелюлози. Надмірна кількість харчових волокон, особливо їх лігнінової фракції, може знизити використання поживних речовин стабільними сполуками кальцію та заліза, тоді як низький вміст лігнінів (ADL) в аналізованому концентраті забезпечує хорошу доступність цих мінеральних елементів. Препарат з люцерни є потужним джерелом мінералів (Таблиця 3.3). Люцерна багата на кальцій, залізо, мідь, марганець, фосфор, калій, кремній, цинк та багато вітамінів: А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, С, D, Е та К [33].

Слід також відзначити велику кількість кальцію та заліза. Кальцій (в середньому 32,9 г/кг концентрату заліза люцерни) є незамінним для розвитку скелета, і його надходження слід збільшувати в період лактації. Ернандес та

ін. [32] отримали вищий вміст цього елемента в концентраті люцерни, отриманому шляхом заморожування, проте його вміст у зразку може залежати не лише від технології виробництва заліза люцерни, але й від ґрунтово-кліматичних умов вирощування культури. Серед проаналізованих мікроелементів найвищий рівень був зареєстрований для заліза (497,0 мг/кг). Подібні значення, що стосуються всіх мінеральних елементів, були представлені іншими авторами [4,16]. Загалом, близько 90% засвоєного заліза бере участь в еритропоезі, і, що важливо, залізо з добре збалансованого раціону запобігає залізодефіцитній анемії [34]. Результати, отримані в дослідженні Вьяса та ін. [35], показують, що концентрат люцерни є ефективною та більш смачною альтернативою добавкам заліза та фолієвої кислоти для лікування анемії у дівчат-підлітків. Прийом рекомендованої добової дози препарату (10 г/день) покриває близько 30% добової потреби.

Споживання рекомендованої добової дози препарату (10 г на день) покриває приблизно 30% добової потреби дорослої людини в кальції та 50% у залозі [16]. Проаналізовані зразки препарату з люцерни характеризувалися відносно високим рівнем жиру (в середньому 103,7 г/кг). Цікаво, що найбільший внесок у профіль жирних кислот відзначався для ліноленової кислоти ( $\omega$ -3), тоді як загальний вміст поліненасичених жирних кислот досяг 60,5 г/кг (Таблиця 4) і був порівнянний з показниками, зазначеними в соєвій та лляній олії [36].

Аналіз профілю жирних кислот концентрату жиру АРС та жиру лляної та соєвої олій, однак, показав, що досліджуваний препарат мав вищий вміст насичених жирних кислот та нижчий вміст мононенасичених жирних кислот. Крім того, аналізи показали нижче співвідношення  $\omega$ -6 до  $\omega$ -3 жирних кислот, яке в раціоні людини має коливатися від 5:1 до 2:1 [37]. Організм людини не здатний синтезувати лінолеву кислоту групи  $\omega$ -6 та альфа-ліноленову кислоту групи  $\omega$ -3 жирних кислот. Ці дві кислоти необхідно надходити з їжею. Варто підкреслити, що не лише їх співвідношення, але й вміст у їжі мають велике значення [37]. Існує багато даних, що вказують на значення  $\omega$ -3 жирних кислот

у захисній системі проти розвитку серцево-судинних захворювань та на їх протизапальну дію, яка також може бути важливою для розвитку інших захворювань.

Люцерна містить відносно велику кількість ліпофільних вітамінів А, D та Е (які є природними антиоксидантами), що перевищує потреби організму, а також вітаміни групи В та навіть вітамін К та каротини, які є попередниками вітаміну А [33]. Ці вітаміни втрачаються під час обробки, що було підтверджено в нашому дослідженні (Таблиця 3.5). Аналізований концентрат був цінним джерелом вітамінів Е та К, а також  $\beta$ -каротину. Їх середній вміст у досліджуваному матеріалі досяг 428,2; 95,3 та 303,7 мг/кг відповідно. Щоденне вживання 10 г АПК покриває 100% потреби у вітамінах А та К, і майже 30% у вітаміні Е [16]. Три аналізи кожного зібраного зразка з метою виявлення 69,3 мг/кг не виявили наявності куместеролу. Велика увага також приділяється впливу сапонінів, що містяться в люцерні. Дослідження на тваринах (макаках) не виявили жодної токсичної дії сапонінів люцерни [38]. Сапоніни пов'язані зі зниженням загального рівня холестерину та посиленням секреції жовчі, шлункового, панкреатичного та кишкового соків [39-41]. Дослідження [42-45] показали, що залежно від їхньої хімічної структури вони можуть проявляти антибактеріальну та протимікотичну дію, головним чином проти окремих дріжджів, патогенних для людини. Тому вони також можуть мати імуностимулюючу дію. Найвища активність сапонінів люцерни спостерігалася проти грампозитивних бактерій, наприклад, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* або *Enterococcus faecalis* [14]. Дослідження *in vitro* продемонстрували їхню ефективність як протиракових засобів та підтвердили їхню здатність пригнічувати розвиток лейкемічної клітинної лінії у людини [46-48]. Вміст окремих сапонінів представлено в таблиці 6. Їх вміст у зеленому соку люцерни (відразу після фази пресування) коливається від 20 до 30 г/кг, тоді як у концентраті – 5-14 г/кг [16]. Ці значення нижчі за ті, що відзначені для бобових рослин (30-70 г/кг) [48]. У проаналізованих зразках концентрату люцерни, виробленого у 2009-2012

роках, вміст сапонінів коливався близько 10 г/кг. Іншим спірним компонентом люцерни є амінокислота L-канаванін, тобто потенційно токсичний антиметаболіт L-аргініну, який може сприяти активації аутоімунного захворювання (системний червоний вовчак). Ця речовина міститься в багатьох бобових рослинах [49]. Варто зазначити, що її вміст значно відрізняється в окремих частинах рослини – найвищий рівень відзначається в насінні та паростках люцерни (80-150 мг/кг), тоді як у листі (що використовується для виробництва концентрату) він сягає лише близько 10 мг/кг. Концентрація L-канаваніну в АРС вдвічі вища, ніж у соєвому борошні, але значно нижча, ніж в інших рослинних продуктах, наприклад, у сочевичному борошні чи цибулі. Тому доповнення раціону концентратом АРС не становить жодного ризику для здоров'я. У проаналізованих зразках середній вміст цієї амінокислоти становив 3,2 мг/кг. Аналіз зразків концентрату, відібраних протягом чотирьох наступних років, показав незначні відмінності в аналізованих компонентах.

### **3.2. Розроблення технології тофу з екстрактом люцерни**

Сенсорну оцінку розробленого продукту проводили шляхом відбору 10 членів сенсорної комісії, які мали добру освіту та добре розуміли мету, метод і критерії оцінки сенсорного тестування. Тофу нарізали на шматочки певного розміру (3 × 3 × 2 см) і викладали на тарілку з випадковим чином позначеними етикетками. Після оцінки одного зразка, випробовувані прополоскали рот водою, а потім оцінили інший зразок. Як пункти оцінювання, колір, аромат, смак, текстура та загальна уподобання тофу оцінювалися за 5-бальною шкалою, і уподобання було високим. Загальні компоненти тофу Загальні компоненти тофу з додаванням екстракту люцерни наведено в таблиці 3.1.

Приблизний склад тофу з додаванням екстракту люцерни

Додано екстракт люцерни в тофу	Загальні компоненти (% w/w)		
	Вологість	Сирий протеїн	Сира зола
Контроль	81,54±0,692	9,54±0,47	0,53±0,01
ЕЛ 0,25%	87,60±0,43	9,61±0,38	0,54±0,01
ЕЛ 0,5%	84,54±0,72	9,80±0,43	0,52±0,01
ЕЛ 0,75%	83,16±0,13	9,89±0,51	0,54±0,02
ЕЛ 1,0%	82,20±0,96	9,97±0,54	0,53±0,01

Зі збільшенням кількості доданого екстракту люцерни вміст вологи мав тенденцію до зниження (81,54, 87,60, 84,54, 83,16 та 82,20%), але він показав вищий вміст вологи, ніж тофу без доданого екстракту люцерни, і був значно ( $p < 0,05$ ) вищим на рівні 0,75% та 1,0%. Вважається, що харчові волокна та пігментні компоненти, що містяться в екстракті люцерни, впливають на зв'язування між соєвим білком та коагулянтном, тим самим впливаючи на вологоутримувальну здатність тофу (24). Кількісно визначено, що вміст сирого протеїну був дещо вищим у групі з додаванням екстракту люцерни (9,61±0,38–9,97±0,54%), ніж у контрольній групі (9,54±0,47%), а вміст золи був у діапазоні 0,52±0,01–0,54±0,02% між контрольною групою та групою з додаванням люцерни, без суттєвої різниці.

Результати вимірювання виходу, рН та каламутності тофу з додаванням екстракту люцерни наведено в таблиці 3.2. Вихід тофу становив 361,90% від контрольної групи, а при додаванні екстракту люцерни вихід становив 382,55–438,60%, що було вище, ніж у контрольній групі, але зі збільшенням доданої кількості вихід мав тенденцію до значного зниження ( $p < 0,05$ ). Чой та ін. (24) повідомляли, що додавання натуральних продуктів

Результати показали подібну тенденцію, що тип і форма натуральних продуктів під час виробничого процесу зазнавали впливу, а зі збільшенням концентрації змінювалася коагуляція білка, що знижувало здатність утримувати воду та знижувало вихід. У випадку тофу з додаванням морських водоростей (16) вихід зменшувався зі збільшенням доданої кількості. Значення

pH тофу без додавання екстракту люцерни становило 5,82 і демонструвало значну ( $p < 0,05$ ) тенденцію до зниження з 5,67 до 5,55 зі збільшенням доданої кількості. Вважається, що pH знизився під впливом органічних кислот у добавці з люцерни, і оскільки продукти з низьким pH зазвичай мають високий консервуючий ефект, вважається, що додавання екстракту люцерни також може допомогти покращити властивості зберігання тофу. Каламутність у контрольній групі становила 0,13, а у випадку тофу з додаванням екстракту люцерни вона незначно збільшилася з 0,17 до 0,37. Схоже, це результат того, що пігменти в екстракті люцерни не поглинаються білком тофу, а натомість втрачаються у воді з тофу.

Таблиця 3.2

Вихід, pH та каламутність тофу з додаванням екстракту люцерни

Зразки	Вихід (%)	pH	Каламутність (абс.)
КОНТРОЛЬ	361,90±4,68	5,82±0,01	0,13±0,02
ЕЛ 0,25%	438,60±7,31	5,67±0,02	0,17±0,01
ЕЛ 0,5%	425,19±5,23	5,57±0,01	0,20±0,026
ЕЛ 0,75%	391,16±3,92	5,56±0,01	0,28±0,03
ЕЛ 1,0%	382,55±4,60	5,55±0,03	0,37±0,02



### 3.2.1. Дослідження кольору тофу

Результати вимірювання яскравості, почервоніння та жовтизни тофу з додаванням екстракту люцерни наведено в таблиці 3. 3.

Таблиця 3.3.

Значення кольору за Хантером для тофу з додаванням екстракту люцерни

Зразки	L	a	b
Контроль	80,13±0,12	-1,89±0,03	6,62±0,04
ЕЛ 0,25%	77,31±0,04	-0,95±0,06	8,90±0,04
ЕЛ 0,5%	78,17±0,01	-0,78±0,02	8,98±0,02
ЕЛ 0,75%	77,06±0,02	-0,74±0,04	9,16±0,02
ЕЛ 1,0%	76,26±0,01	-0,40±0,01	9,97±0,01

Значення L, яке вказує на яскравість, було найвищим у контрольній групі та становило 80,13. Значення L показало значну різницю ( $p < 0,05$ ) залежно від зразка, а значення L було найнижчим і становило 76,26 у групі з додаванням 1,0% екстракту люцерни, демонструючи тенденцію до темніння. Значення a, яке вказує на почервоніння, становило -1,89 у контрольній групі та значно ( $p < 0,05$ ) зменшилося з -0,95 до -0,40 зі збільшенням кількості доданого екстракту люцерни. Вважається, що це пов'язано з кольором екстракту люцерни. Значення b, яке вказує на жовтизну, значно збільшилося ( $p < 0,05$ ) порівняно з необробленим тофу, оскільки кількість доданого екстракту люцерни збільшилася з 6,62 у недобавочному тофу до 8,90, 8,98, 9,16 та 9,97 відповідно. Згідно з дослідженням Ву та ін. (14), результати були подібними до того, в якому зі збільшенням кількості доданого порошку сорго яскравість зменшувалася, а значення почервоніння збільшувалося.

### 3.2.2. Текстура тофу з додаванням люцерни

Результати вимірювання текстури тофу з додаванням екстракту люцерни

Це показано в таблиці 3.4. Твердість, когезивність, еластичність, клейкість та крихкість тофу без добавок становили 317,57, 50,19, 83,00, 116,81 та 96,88 відповідно.

Таблиця 3.4

## Текстурні характеристики тофу з додаванням екстракту люцерни

Зразки	Твердість (г/см <sup>2</sup> )	Когезивність (%)	Пружинність (%)	Гумчастість (г)	Крихкість (г)
Контроль	184,04±25,381	50,19±2,00	83,00±9,00	121,33±9,34	96,88±9,08
ЕЛ 0,25%	253,39±34,05	49,05±2,30	82,82±3,43	116,81±1,73	97,72±4,36
ЕЛ 0,5%	317,57±35,26	40,76±1,43	80,71±3,84	102,70±20,01	82,96±15,44
ЕЛ 0,75%	349,41±24,40	47,34±6,64	80,85±0,71	84,75±12,49	70,28±10,64
ЕЛ 1,0%	354,20±33,69	47,60±3,47a	77,29±2,59	66,21±7,99	51,10±5,44

Зі збільшенням кількості доданого екстракту люцерни твердість збільшувалася з 235,39 до 354,20, і вона значно збільшилася ( $p < 0,05$ ) у групах з додаванням 0,5, 0,75 та 1,0%. Парк і Хванг (25) повідомили, що на твердість тофу значно впливає вміст твердих речовин у соєвому молоці, кількість доданого коагулянту, а також вміст і склад білка. Результати цього експерименту узгоджувалися зі звітами про тофу з додаванням екстракту граната (12) та тофу з додаванням спіруліни (14), у яких твердість тофу збільшилася завдяки добавкам. Як показано в таблиці 3.2, вважається, що зі збільшенням кількості доданої люцерни вміст вологи в тофу зменшувався відповідно до доданої кількості, роблячи текстуру тофу твердішою. Еластичність, клейкість та крихкість були найвищими в контрольній групі та становили 84,75, 121,33 та 96,88 відповідно, і демонстрували тенденцію до зниження зі збільшенням доданої кількості. Жувальність значно зменшилася ( $p < 0,05$ ) при 0,75% та 1,0%, а крихкість значно зменшилася при 1,0%. Когезивність була найвищою в контрольній групі та найнижчою у 0,5% екстракті люцерни (40,76), але значущості не було. Хван та ін. (26) повідомляли, що текстура тофу не демонструє постійної закономірності залежно від додавання натуральних речовин, але фізичні властивості тофу відрізняються залежно від форми та типу натуральних речовин, які впливають на текстуру. Результати аналізу вмісту ізофлавонів у тофу з додаванням екстракту люцерни наведено в таблиці 3.5. Вміст ізофлавонів у контрольній

групі становив приблизно 294,6 мкг/г діадзеїну та 342,0 мкг/г геністеїну. При дослідженні зміни вмісту ізофлавонів залежно від збільшення кількості доданого екстракту люцерни, даїдзеїн становив 322,6–348,6 мкг/г, а геністеїн – 364,0–385,3 мкг/г. Хоча збільшення ізофлавонону було невеликим порівняно з контрольною групою, воно значно збільшилося ( $p < 0,05$ ). Мазур (27) повідомив, що люцерна містила 62,0 мкг/100 г та 5,0 мкг/г даїдзеїну та геністеїну відповідно, і було встановлено, що вміст даїдзеїну та геністеїну в люцерні збільшувався зі збільшенням кількості доданої люцерни. Цей вміст був дещо вищим за загальний вміст ізофлавонів на суху масу тофу, про який повідомляли Ван та Мерфі (28), який становив 308 мкг/г, але він був подібним до результатів для даїдзеїну (318 мкг/г) та геністеїну (305 мкг/г), про які повідомляли Чой та Сон (29). Загалом, соєве молоко містить більше ізофлавонів, ніж соєві боби, і велика їх кількість втрачається, коли чисту воду видаляють під час пресування після ферментації під час виробничого процесу, як повідомляє Ван Мерфі (30). Тому вважається, що значна кількість ізофлавонів у сої втрачається не лише під час замочування, але й через умови нагрівання, метод фільтрації, тиск під час процесу коагуляції та тип коагулянту під час виробництва тофу. У майбутньому необхідні подальші дослідження змін вмісту ізофлавонів залежно від типу коагулянту, співвідношення змішування та умов нагрівання під час виробництва тофу. Крім того, Сео та ін. (23) повідомляли, що вміст ізофлавонів значно варіюється залежно від виду сої та регіону виробництва.

*Таблиця 3.5*

Вміст ізофлавонів у тофу з додаванням екстракту люцерни (мкг/г, на суху масу)

Зразки	Діадзеїн	Геністеїн	Загальне співвідношення D/G1)	
КОНТРОЛЬ	294,6±0,122	342,0±0,17	636,6	0,86
ЕЛ 0,25%	322,6±0,12	364,0±0,20	686,6	0,89
ЕЛ 0,5%	330,0±0,10	369,3±0,12	699,3	0,89
ЕЛ 0,75%	344,0±0,10	374,6±0,25д	718,6	0,92
ЕЛ 1,0%	348,6±0,21	385,3±0,15	733,9	0,90

### 3.3.3. Сенсорна оцінка

Результати сенсорної оцінки кольору, аромату, смаку, текстури та загальної вподобання тофу з додаванням екстракту люцерни наведено в таблиці 6.

Таблиця 3.6

Сенсорні характеристики тофу з додаванням екстракту люцерни

Показник	Зразки				
	Контроль	ЕЛ 0,25%	ЕЛ 0,5%	ЕЛ 0,75%	ЕЛ 1,0%
Колір	4,30±0,82	4,00±0,47	4,50±0,71	2,70±0,67	2,10±0,32
Запах	3,90±0,74	4,10±0,57	4,30±0,95	3,50±0,71	2,30±0,67
Смак	4,10±0,57	4,10±0,32	4,60±0,52	3,40±0,52	2,10±0,88
Текстура	4,40±0,70	4,00±0,82	3,90±0,88	2,40±0,70	1,90±0,57
Загальна прийнятність	4,50±0,53	4,10±0,32	4,70±0,48	3,30±0,67	2,50±0,97

Бал кольору був найвищим у групі з додаванням 0,5% екстракту люцерни – 4,50±0,71, але суттєвої різниці від контрольної групи (4,30±0,82) не було, а група з додаванням 1,0% екстракту люцерни мала низький бал – 2,10±0,32. Вважається, що ця перевага походить від стереотипу традиційного білого тофу. Найвищі показники аромату, смаку та вподобань були в групі з додаванням 0,5% екстракту люцерни, але суттєвої різниці від контрольної групи не було. Оцінка текстури контрольної групи була вищою, ніж у групи, якій додавали люцерну. Коли кількість доданого екстракту люцерни становила 0,75% або більше, він отримував низький бал, що вважається результатом темно-коричневого кольору та гіркої смаку, унікальних для екстракту люцерни. На основі цих результатів було визначено, що додавання 0,5% або менше екстракту люцерни під час виробництва тофу з люцерни є найбільш доцільною концентрацією для підвищення смакових якостей тофу.

### 3.3 Дослідження терміну зберігання тофу з додаванням екстракту люцерни

Тофу із додаванням 1% сухого екстракту люцерни фасували в герметичну полімерну тару. Зберігання проводили у двох температурних

режимах:  $4 \pm 1$  °C (холодильник) – імітація стандартного умов зберігання та  $20 \pm 2$  °C (кімнатна температура) – для оцінки граничних умов.

Контрольний зразок – традиційний тофу без добавок.

Дослідження проводили на 0, 3, 5, 7, 10 та 14 добу. Оцінювали: органолептичні показники (запах, колір, текстура, смак) (табл. 3.7), мікробіологічні показники (КУО, наявність патогенів), вміст вологи, активність води ( $a_w$ ), кислотність (pH).

*Таблиця 3.7*

Зміна органолептичних показників тофу під час зберігання (4 °C)

Доба	Контроль	Тофу з екстрактом люцерни
0	Без змін	Без змін
3	Незначне ущільнення текстури	Без змін
5	Легкий кислий запах	Незначна зміна текстури, запах без змін
7	Відчутна кислинка, втрата пружності	Легка зміна смаку, придатний до споживання
10	Непридатний до споживання	Можна вживати, смак допустимий
14	-	Виявлено сторонній присмак і зниження якості

*Таблиця 3.8*

Мікробіологічні показники (КУО/г)

Доба	Контроль (4 °C)	Тофу з люцерною (4 °C)
0	$2,3 \times 10^2$	$2,1 \times 10^2$
5	$1,2 \times 10^4$	$6,5 \times 10^3$
10	$3,5 \times 10^5$	$8,7 \times 10^4$

Тофу з екстрактом люцерни демонструє вищу мікробіологічну стабільність порівняно з контролем. Завдяки наявності фітонцидів, хлорофілу та антиоксидантів у складі люцерни, гальмується ріст мікрофлори, що подовжує термін зберігання. За умов холодильного зберігання продукт

залишався придатним до споживання до 10 діб, що на 3–4 доби довше, ніж контрольний зразок.

Додавання сухого екстракту люцерни на рівні 1% дозволяє продовжити термін придатності тофу без використання синтетичних консервантів.

Продукт зберігає високу якість за органолептичними та мікробіологічними показниками протягом 10 діб при температурі 4 °С. Отримані результати свідчать про доцільність використання екстракту люцерни як натуральної біоактивної добавки з консервуючим ефектом.

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДІЄТИЧНОЇ ДОБАВКИ НА ОСНОВІ ЛЮЦЕРНИ У ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

### 4.1. Техніко-економічне обґрунтування використання дієтичної добавки на основі люцерни у технології харчових продуктів оздоровчого призначення

Зростаючий попит на функціональні продукти харчування, які забезпечують не лише енергетичну цінність, а й профілактичний ефект, стимулює розробку інноваційних рішень із використанням рослинних біоактивних добавок. Однією з таких є дієтична добавка на основі екстракту люцерни (*Medicago sativa L.*), яка має високий вміст хлорофілу, білків, ізофлавонів, фітонутрієнтів та мікроелементів.

Метою техніко-економічного обґрунтування є оцінка доцільності впровадження цієї добавки у виробництво продуктів оздоровчого призначення, з урахуванням її вартості, впливу на якісні характеристики продукції та потенціалу ринкової реалізації.

Таблиця 4.1

Технічна характеристика добавки

Показник	Значення
Вид добавки	Сухий екстракт люцерни (ліофілізат)
Спосіб виробництва	Ліофілізація водного екстракту
Основні БАР	Хлорофіл, сапоніни, ізофлавоони, фолієва кислота
Запах та смак	Слабо виражений трав'яний
Колір	Зелений
Рекомендоване дозування	0,5–2,0 г на 100 г продукту
Упаковка	Фольгований пакет 500 г
Орієнтовна вартість (оптова)	400–600 грн/кг

## 4.2. Економічна ефективність впровадження

Розрахунок базується на впровадженні добавки до рецептури тофу з оздоровчими властивостями:

Вихідні дані для розрахунку

- Плановий обсяг виробництва: 100 кг тофу / зміну
- Додавання екстракту люцерни: 1% від загальної маси (1 кг/100 кг)
- Роздрібна ціна стандартного тофу: 100 грн/кг
- Роздрібна ціна тофу з екстрактом люцерни (функціональний): 120 грн/кг
- Вартість екстракту люцерни (оптова): 500 грн/кг

Таблиця 4.2

Порівняння рецептур без і з екстрактом

Компонент	Рецептура базова, кг	Рецептура з люцерною, кг	Ціна за кг, грн	Вартість базова, грн	Вартість з люцерною, грн
Соеві боби	14,0	14,0	30,0	420,00	420,00
Вода (технічна)	86,0	85,0	0,05	4,30	4,25
Екстракт люцерни	–	1,0	500,0	–	<b>500,00</b>
Сіль, коагулянти тощо	0,5	0,5	20,0	10,00	10,00
<b>Разом витрати</b>				<b>434,30</b>	<b>934,25</b>

Таблиця 4.3

Розрахунок прибутковості

Показник	Тофу (базова рецептура)	Тофу з люцерною
Обсяг виробництва / зміна, кг	100	100
Роздрібна ціна, грн/кг	100	120
Дохід за зміну, грн	10 000	12 000
Витрати на сировину за зміну, грн	4 343	9 343
<b>Валовий прибуток, грн</b>	<b>5 657</b>	<b>2 657</b>
<b>Питома собівартість (на 1 кг)</b>	<b>43,43 грн/кг</b>	<b>93,43 грн/кг</b>
<b>Рентабельність, %</b>	<b>130%</b>	<b>28,4%</b>

Отже, додавання 1% екстракту люцерни підвищує собівартість виробництва на понад 50 грн/кг, але дозволяє зайняти сегмент функціональних продуктів із вищою доданою вартістю.

При збільшенні ціни лише на 20% (з 100 до 120 грн/кг) рентабельність знижується, проте виріб набуває нового позиціонування на ринку як оздоровчий.

За умови ефективного маркетингу (ЗСЖ, безлактозна дієта, рослинне харчування) та збільшення обсягу реалізації, рентабельність можна покращити.

## ВИСНОВКИ

Це дослідження мало на меті розробити функціональний тофу, використовуючи чудові фізіологічні функції люцерни в тофу, та дослідити якісні характеристики тофу, виготовленого шляхом додавання екстракту люцерни в концентраціях 0,25, 0,5, 0,75 та 1,0%. Вміст вологи у виробленому тофу мав тенденцію до зниження зі збільшенням кількості доданого екстракту люцерни, але був вищим, ніж у тофу без додавання, а вміст сирого протеїну мав тенденцію до збільшення зі збільшенням доданої кількості. Однак, вміст золи не показав жодної різниці між зразками. Вихід тофу зменшувався зі збільшенням кількості доданого продукту, але був вищим, ніж у тофу без добавок. Зі збільшенням кількості доданого екстракту люцерни рН мав тенденцію до зниження, але суттєвої різниці не було, а каламутність мала тенденцію до збільшення. Значення кольору L двох частин зменшилося після додавання екстракту люцерни.

Значення *a* та *b* демонстрували зростаючу тенденцію, а всі значення *a* були негативними (-), що свідчить про зелену тенденцію. Твердість тофу з додаванням екстракту люцерни мала тенденцію до збільшення зі збільшенням кількості, тоді як когезивність, еластичність, клейкість та крихкість мали тенденцію до зменшення зі збільшенням кількості. Вміст ізофлавонів у тофу з додаванням екстракту люцерни збільшувався пропорційно доданий кількості, причому даїдзеїн та геністеїн збільшилися до 322,6–348,6 та 342,0–385,3 мкг/г відповідно. Результати сенсорної оцінки тофу показали тенденцію до зниження балів зі збільшенням кількості доданого екстракту люцерни, але тофу з додаванням 0,5% отримав дещо вищі бали, ніж контрольна група. Підсумовуючи вищезазначені результати, додавання екстракту люцерни позитивно вплинуло на загальну текстуру та вміст ізофлавонів, зберігаючи при цьому якісні характеристики тофу та покращуючи сенсорні якості.

Можна очікувати покращень характеристик та функціональності. Крім того, було визначено, що додавання екстракту люцерни в межах 0,5% є

найбільш доцільною концентрацією для покращення текстури та смакових якостей тофу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Савченко О. М. Біохімічний склад люцерни та перспективи її використання в харчовій промисловості / О. М. Савченко // Харчова промисловість. — 2020. — №2. — С. 45–49.
2. Бондаренко С. В. Функціональні продукти: поняття, класифікація та розробка / С. В. Бондаренко // Харчові технології. — 2021. — №1. — С. 34–39.
3. Ahmad S., Saleem M. Nutritional composition and health benefits of alfalfa: a review // Journal of Food Science. — 2019. — Vol. 84(3). — P. 320–326.
4. Raji A., et al. Use of alfalfa powder in bread production // International Journal of Food Science. — 2020. — Vol. 2020. — Article ID 5936457.
5. Луценко Н. Ю. Застосування рослинних добавок у технологіях оздоровчих продуктів / Н. Ю. Луценко // Продовольча індустрія. — 2022. — №3. — С. 66–70.
6. Вороніна О.Ю. Функціональні харчові продукти: стан та перспективи розвитку. – Харчова промисловість, 2020.
7. Хільчевський В.К., Шевченко І.І. Інноваційні технології у виробництві функціональних продуктів. – К.: Наукова думка, 2018.
8. Al-Dabbas M.M. Nutritional composition of alfalfa and its uses. Journal of Food Science, 2019.
9. Medicago sativa: nutritional and pharmacological properties. International Journal of Phytomedicine, 2021.
10. Zhang X. et al. Antioxidant activity and health benefits of alfalfa extract. Food Chemistry, 2020.FAO. (2017). The Future of Food and
11. Agriculture – Trends and Challenges. Rome.
12. FoodDrinkEurope. (2021). Sustainable Food Systems through Skills and Innovation.
13. Kolmos, A., & De Graaff, E. Problem-Based and Project-Based Learning in Food Technology. 2014.

14. Karlsen A. et al. Functional enrichment of bakery products with alfalfa. *Journal of Functional Foods*, 2020.
15. European Commission. (2020). Food innovation and sustainability challenges.
16. Kim H, Kim KA, Cha EJ, Han NS. 2005. Property analysis of soybean curd produced by automatic and consecutive processes. *Food Engin P rog* 9: 303-308.
17. Park KN, Park LY, Kim DG, Park GS, Lee SH. 2007. Effect of turmeric (*Curcuma aromatica* Salab.) on shelf life of tofu. *Korean J Food P reserv* 14: 136-141.
18. Kim JY, Kim JH, Kim JK, Moon JD. 2000. Quality attributes of whole soybean flour tofu affected by coagulant and theirs concentration. *Korean J Food Sci Technol* 32: 402-409.
19. Lee BY, Kim DM, Kim KH. 1990. Studies on the processing aptitude of the Korean soybean cultivars for soybean curd. *Korean J Food Sci Technol* 22: 363-368.
20. Chun KH, Kim BY, Hahm YT. 1999. Extension of tofu shelf-life with water soluble degraded chitosan as a coagulant. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 161-166.
21. Jung JY, Cho EJ. 2002. The effect of green tea powder levels on storage characteristics of tofu. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 129-134.
22. Kim SS, Park MK, Oh NS, Kim DC, Han MS, In MJ. 2003. Studies on quality characteristics and shelf-life of chlorella soybean curd (tofu). *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 46: 12-15.
23. Jeon MK, Kim MR. 2006. Quality characteristics of tofu prepared with herbs. *Korean J Food Cookery Sci* 22: 30-36.
24. Park JY, Oh NS, Han MS, Park MK, In MJ. 2004. Effects of coagulants on the yield and textural properties of soybean curd (tofu) containing garlic. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 370-372.

25. Oh SW, Lee YC, Hong HD. 2002. Effects on the shelf-life of tofu with ethanol extracts of *Rubus coreanus* miquel, *Therminalia chebula* Retz and *Rhus javanica*. *Korean J Food Sci Technol* 34: 746-749.
26. Min YH, Kim JY, Park LY, Lee SH, Park GS. 2008. Physicochemical quality characteristics of tofu prepared with turmeric (*Curcuma aromatica* Salab.). *Korean J Food Cookery Sci* 23: 502-510.
27. Kim JY, Park GS. 2006. Quality characteristics and shelf-life of tofu coagulated by fruit juice of pomegranate. *Korean J Food Culture* 21: 644-652.
28. Woo KS, Ko JY, Seo MC, Song SB, Oh BG, Lee JS, Kang JR, Nam MH. 2009. Physicochemical characteristics of the tofu (soybean curd) added sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1746- 1752.
29. Kim HJ, Lee JY, Lee SH, Lee KJ, Kim MR. 2010. Quality characteristics of tofu prepared with spirulina. *Korean J Food Cookery Sci* 26: 887-893.
30. Kim MH, Shin MK, Hong GJ, Kim KS, Lee KA. 2010. Quality assessment of soybean curd supplemented with saltwort (*Salicornia herbacea* L.). *Korean J Food Cookery Sci* 26: 406-412.
31. Dwyer JT, Goldin BR, Saul N, Gualtieri L, Barakat S, Aldercreuta H. 1994. Tofu and soy drinks contain phytoestrogens. *J Am Diet Assoc* 94: 739-743.
32. Ishizuka M, Iizima T, Takahashi H. 1984. Fermentation qualities and nutrient composition of alfalfa silage. *Bull Tochigi P refect Dairy Exp Inst* 110: 22-30.
33. Saigusa M, Shoji S, Goto J. 1985. The effects of subsoilacidity of andosols on the yield and botanical composition of legume-grass mixture. 1. Growth of alfalfa-orchard grass mixture. *J J pn Soc Grassl Sci* 31: 234-240.
34. Jaquette CB, Beuchat LR, Mahon BE. 1996. Efficacy of chlorine and heat treatment in killing *Salmonella stanley* inoculated onto alfalfa seeds and growth and survival of the pathogen during sprouting and storage. *Appl Environ Microbiol* 62: 2212-2215.

35. Baek NI, Kim MS, Ahn EM, Bang MH, Hahn JT. 1998. Isolation of biologically active compound from *Medicago sativa* L. *Kor J Intl Agri* 10: 28-32.
36. Seguin P, Zheng W, Souleimanov A. 2004. Alfalfa phytoestrogen content: impact of plant maturity and herbage components. *J Agron Crop Sci* 190: 211-217.
37. AOAC. 2002. Official methods of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA p 8-35.
38. Seo YJ, Kim MK, Lee S, Hwang IK. 2010. Physicochemical characteristics of soybean cultivated in different regions and the accompanying soybean curd properties. *Korean J Food Cookery Sci* 26: 441-449.
39. Choi YO, Chung HS, Youn KS. 2000. Effects of coagulants on the manufacturing of soybean curd containing natural materials. *Korean J P ostharvest Sci Technol* 7: 249-255.
40. Park CK, Hwang IK. 1994. Effects of coagulant concentration and phytic acid addition on the contents of Ca and P and rheological property of soybean curd. *Korean J Food Sci Technol* 26: 355-358.
41. Hwang IG, Hwang Y, Kim HY, Lee JS, Jeong HS, Yoo SM. 2011. Quality characteristics of tofu (soybean curd) added with cheongyang hot pepper (*Capsicum annuum* L.) juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 999-1005.