

DOI: 10.61718/mon202508.04
УДК 633.522:631.52

Одінцов Сергій Михайлович
ORCID: 0009-0005-1390-648X

Сумський національний аграрний університет

Назаренко Юлія Валентинівна
Кандидат технічних наук, доцент
ORCID: 0000-0003-4870-4667

Сумський національний аграрний університет

Болгова Наталія Вікторівна
Кандидат сільськогосподарських наук, доцент
ORCID: 0000-0002-0201-0769

Сумський національний аграрний університет

Синенко Тетяна Павлівна
Доктор філософії, доцент
ORCID: 0000-0002-5300-5142

Сумський національний аграрний університет

2.2. Комплексна переробка насіння конопель як стратегія безвідходного виробництва функціональних продуктів

Досліджено комплексний підхід до переробки насіння технічних сортів конопель. Розглянуто способи обробки похідних цієї рослини, які дозволяють ефективно вилучати та використовувати її основні компоненти. Особливий акцент зроблено на високому вмісті білка та клітковини в коноплях, що підкреслює їхню високу харчову цінність і перспективи використання як дієтичної добавки. У представленому дослідженні акцентовано увагу на важливості впровадження безвідходних технологій, стійких виробничих практик та оптимального управління ресурсами з метою зменшення негативного впливу на довкілля та забезпечення відповідального використання природних багатств. Особливе значення надано аналізу економічного потенціалу переробки конопель, що демонструє перспективи їх використання для створення високоякісної продукції з доданою вартістю, підтримуючи розвиток екологічно чистих і економічно ефективних виробничих систем. У межах інтеграції екологічних та економічних аспектів, дослідження сприяє поглибленню наукового розуміння багатовекторного застосування конопель у харчовій промисловості, сільському господарстві та інших галузях, одночасно підкреслюючи їх внесок у розвиток стійких інновацій і зелений економічний прогрес. Ключові слова: насіння конопель, переробка похідних продуктів, безвідходні технології, переробка рослинної сировини, продукти з доданою вартістю, сталий розвиток.

ВСТУП. У процесі переробки будь-якої сировини утворюється значна кількість побічних продуктів, які не беруть участі у виробничому процесі і вважаються відходами виробництва. Відходи рослинного походження включені до «зеленого списку», оскільки вони вважаються безпечними і придатними для переробки.

Відходи виробництва, що утворюються в процесі переробки основної сировини, можуть бути використані повторно для створення інших продуктів і добавок. Коноплі та продукти на їх основі є перспективним елементом для розвитку стійкої та ефективної продовольчої системи. Коноплі завжди відзначалися високою цінністю та універсальністю, що робить їх привабливою культурою.

Незважаючи на поширені асоціації, технічна конопля та продукти, виготовлені з неї, не мають жодного відношення до психоактивних речовин. Ейфорію викликає вживання індійської коноплі (*Cannabis indica*), тоді як технічна конопля (*Cannabis sativa* L.) не створює подібного ефекту через відсутність канабіноїдів у своєму хімічному складі [1]. Отже, технічні рослини не становлять жодної загрози для здоров'я та психіки.

У сучасному виробництві технічні коноплі вважаються надзвичайно рентабельною культурою. В процесі їх переробки можна ефективно використовувати всі складові частини: листя, стебла, коріння та насіння. Це дозволяє уникати відходів, завдяки чому коноплі знаходять застосування в багатьох галузях промисловості та народному господарстві [2].

Сучасні тенденції вимагають екологічно сталих технологій, тому дослідження методів комплексної переробки конопляного насіння є надзвичайно актуальним. У цьому дослідженні розглядаються технологічні тонкощі, пов'язані з перетворенням насіння конопель на функціональні продукти, що характеризуються

підвищеним вмістом білка і клітковини, з особливим акцентом на досягненні цієї трансформації в екологічно стійкий спосіб, тобто в рамках парадигми безвідходного виробництва. Результати таких досліджень потрібні на практиці, оскільки можуть дати можливість розширити асортимент функціональних продуктів.

Насіння конопель має багатий склад білків, незамінних жирних кислот, клітковини та біологічно активних речовин. За даними численних досліджень, насіння конопель містить 30-35% білка, 30-35% жирів, 20-25% клітковини, а також магній, цинк, залізо, вітаміни групи В і Е.

Коноплі характеризуються унікальним високим вмістом білка та низьким рівнем вуглеводів, що значно відрізняє їх від інших рослинних продуктів, таких як рис і пшениця [4]. Їх поживна цінність співставна із соєвими бобами [5].

Основні напрями переробки насіння конопель включають пресування для видобутку олії, подрібнення шроту до стану борошна і фракціонування для виділення білкових та клітковинних фракцій.

Продукти переробки конопель охоплюють різноманітний асортимент продукції, що підкреслює універсальність рослини.

На початковому етапі переробки конопель можна отримати таку сировину, як волокна та насіння. Волокна можуть бути перетворені на текстиль, будівельні матеріали та біорозкладні пластмаси, що підкреслює пристосованість матеріалу до різних галузей промисловості [6].

Крім того, квітки конопель виробляють канабіноїди, такі як КБД, які широко використовуються у фармацевтичному та оздоровчому секторах для виробництва терапевтичних препаратів [7].

Насіння конопель використовується для виробництва особливо цінної конопляної олії для людини, за рахунок вмісту поліненасичених жирних кислот та жиророзчинних вітамінів [8].

У дослідженнях [9, 10] продемонстровано, що конопляна олія характеризується високим вмістом лінолевої кислоти (омега-6) та альфа-ліноленової кислоти (омега-3), які знаходяться у збалансованому співвідношенні. Зазначені поліненасичені жирні кислоти мають позитивний вплив на здоров'я людини, проявляючи протизапальні, антитромботичні, антиаритмічні та антигіперліпідемічні властивості.

Особливу увагу привертають продукти, отримані при переробці насіння цієї рослини, які раніше сприймалися як виробничі відходи. Зокрема, шрот, багатий клітковиною та білком, має високий рівень поживних і функціональних характеристик [11].

Окрему увагу приділяють безвідходному використанню шроту, оболонок і вторинних продуктів для біопалива та кормів.

Загалом, конопляний шрот має потенціал для суттєвого внеску у сталий розвиток промислових практик та впровадження інноваційних рішень у різних секторах. У міру того, як промисловість все більше переходить на екологічно відповідальні методи, конопляний шрот стає універсальним компонентом, що має унікальні властивості, які можуть покращити дизайн продукції, зменшити екологічний слід та задовольнити зростаючий попит споживачів на сталі варіанти. Завдяки використанню в різних сферах, від виробництва матеріалів до генерації енергії, конопляний шрот має всі шанси стати основою в пошуку інноваційних та стійких рішень, ефективно вирішуючи численні виклики, з якими стикаються сучасні галузі промисловості.

У процесі розробки функціональних харчових інгредієнтів, які можуть значно сприяти безвідходним виробничим процесам, важливо зосередитися на використанні конопель у рамках циркулярної економіки та циркулярної моделі харчування. Для цього необхідно науково підтвердити поживні та біологічні переваги продуктів, отриманих з конопель. Таке підтвердження засвідчує їхні корисні для здоров'я властивості та обґрунтовує їхню роль у стійких виробничих процесах. Значний акцент також робиться на створенні харчових добавок з вторинних продуктів конопель. Ці зусилля мають вирішальне значення для максимального використання ресурсів і мінімізації відходів, що в кінцевому підсумку сприяє розвитку екологічно чистих і ефективних систем виробництва.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ. У дослідженні використано насіння конопель технічного сорту «Софія», вирощене в органічних умовах Сумської області (Україна). Сировина проходила попередню обробку: очищення, сортування, сушіння.

Технологічна схема лабораторної переробки насіння конопель включала такі етапи:

- холодне пресування за температури 40-45 °C з метою видобутку олії;
- подрібнення залишкового шроту до дрібнодисперсного борошна;
- сепарація борошна за допомогою сит для виділення білкової та клітковинної фракцій.

За проведеними експериментальними дослідженнями встановлено, що насіння конопель технічного сорту «Софія» відповідає вимогам державного стандарту на насіння олійних культур (табл. 1).

Таблиця 1

Показник	Насіння конопель технічного сорту "Софія"	Хімічний склад конопляних продуктів	
		Білкова фракція	Клітковинна фракція
Вміст води, %	8,5±0,5	7,0±0,5	7,3±0,5
Вміст білка, %	23,5±0,2	51,0±0,5	21,5±0,3
Вміст жиру, %	33,3±0,5	13,2±0,5	9,1±0,5
Вміст клітковини, %	32,5±0,5	5,2±0,5	43,3±0,5
Вміст золи, %	4,9±1,0	3,2±0,8	6,1±1,1

Джерело: Власні дослідження

У лабораторних умовах насіння коноплі обробляли методом холодного пресування при температурі 40-45 °С для отримання олії. Залишковий шрот подрібнювали до дрібнодисперсного борошна. Борошно розділяли за допомогою сит, щоб виділити білкову та клітковинну фракції.

Холодне пресування дозволило отримати близько 28% олії від маси насіння. Отримана конопляна олія мала характерний зелено-золотистий відтінок, виражений горіховий аромат, кислотне число – 1,2 мг КОН/г.

Особливий інтерес становлять продукти, отримані в процесі переробки насіння цієї рослини, яке раніше розглядалося як відходи виробництва. Зокрема, шрот вирізняється високим вмістом білка та клітковини, а також відзначається значним поживним потенціалом і широким спектром функціональних властивостей.

Подрібнений шрот за допомогою лабораторних сит розділено на дві фракції (рис. 1):

- Білкова фракція – дрібнозерниста, світло-коричневого кольору, з 45% білка.
- Клітковинна фракція – грубозерниста, із зеленуватим відтінком, до 50% харчових волокон.



Рис. 1. Сипкі конопляні продукти: а – насіння; б – білкова фракція; с – клітковинна фракція

Як видно з даних таблиці 1, похідні конопляні продукти найбільш багата на білки та клітковину, що обґрунтовує їх харчову цінність.

У дослідженні [12] аналізовано харчовий та функціональний потенціал конопель, акцентуючи увагу на їхніх біохімічних характеристиках. Встановлено, що продукти з конопель містять ліпіди з унікальним, оптимально збалансованим профілем жирних кислот, легко засвоювані білки, які характеризуються високим вмістом незамінних амінокислот, а також вуглеводи, представлені переважно харчовими волокнами, із домінуванням нерозчинної форми. Крім того, конопляні продукти є джерелом значної кількості вітамінів і мінеральних компонентів, що підкреслює їхній високий харчовий потенціал.

Відповідно до літературних джерел, насіння конопель вирізняється унікальним білковим складом, що обумовлює важливість дослідження його амінокислотного профілю. З цією метою було проведено аналіз амінокислотного складу сипких продуктів, виготовлених з насіння конопель, результати якого представлені на рис. 2.

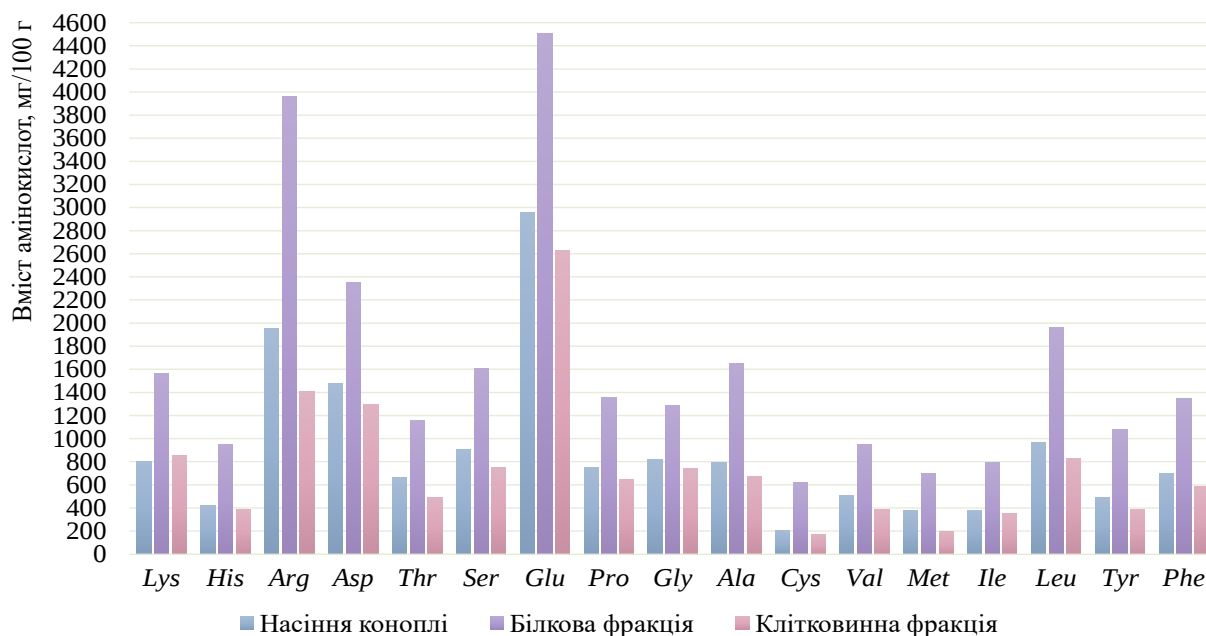


Рис. 2. Амінокислотний профіль конопляних продуктів

Білок, отриманий із насіння конопель, характеризується високим вмістом загального білка, що становить 67,1 г на 100 г продукту, а також незамінних амінокислот у кількості 23,1 г на 100 г. Дослідження підтверджують, що білок конопель вирізняється винятковим поживним амінокислотним складом, який включає широкий спектр незамінних амінокислот, а також значну концентрацію таких важливих компонентів, як глютамін і аргінін.

Згідно з даними [13, 14], основним білком у насінні конопель є едестин, який складає приблизно 70% загального білка конопель та характеризується низькою розчинністю. Другим ключовим білком є альбумін, котрий має меншу кількість дисульфідних зв'язків порівняно з едестином, завдяки чому він більш гнучкий, краще розчиняється і проявляє здатність до утворення піни. Конопляний білок відзначається високою засвоюваністю. Окрім того, більшість алергенів конопель, зокрема основний тауматиноподібний білок і білок перенесення ліпідів, видаляються під час процесу екстракції або травлення білка. Це робить конопляний білок придатним для використання як компонент у складі гіпоалергенних продуктів.

Насіння конопель належить до найбільш багатих джерел нерозчинної клітковини серед харчових продуктів [15]. Водночас промислові процеси обробки, такі як екструзія, що здійснюються під впливом високого тиску та температур, часто порушують структуру полісахаридів, збільшуючи частку розчинної клітковини порівняно з нерозчинною. Рівень харчових волокон у насінні конопель зазвичай варіюється від 27% до 34%.

Конопляна клітковина, або конопляні висівки, широко застосовується як функціональна харчова добавка, спрямована на покращення процесів травлення. Її склад включає близько 45% рослинної клітковини, яка сприяє ефективному очищенню товстого кишечника від токсичних речовин та попередженню їх повторного утворення. Споживання даного продукту на регулярній основі демонструє позитивний вплив на зменшення надлишкової ваги, нормалізацію метаболічних процесів і регуляцію рівня глюкози в крові, що підтверджується даними досліджень [12, 15].

Доведено, що конопляні висівки мають чудові протизапальні, пом'якшувальні та заспокійливі властивості, що позитивно впливає на їх ефективність у лікуванні різних больових синдромів. Ці корисні властивості допомагають полегшити дискомфорт, пропонуючи природну альтернативу традиційним методам знеболювання. Крім того, дослідження показують, що компоненти, які містяться в конопляних висівках, також можуть відігравати допоміжну роль у зниженні ваги. Потенційно прискорюючи метаболізм і сприяючи відчуттю ситості, ці речовини можуть допомогти людям підтримувати здорову вагу протягом тривалого часу.

З одного кілограма насіння отримують кілька цінних компонентів. Зокрема, видобувають приблизно 280 г олії, яку можна використовувати в кулінарії та промисловості. Близько 370 г перетворюють на білково-целюлозне борошно, яке є поживним інгредієнтом для харчової промисловості та дієтичних добавок. Крім того,

з цього насіння отримують близько 250 г клітковини, важливого елемента, який часто використовують для поліпшення раціону харчування з метою зміцнення здоров'я травної системи. Нарешті, близько 50 г лушпиння може бути використано у виробництві біопалива або компостуванні, що сприяє сталому розвитку.

Використання побічних продуктів, отриманих в результаті видобутку конопляної олії, зокрема конопляного шроту, який зазвичай називають висівками, визнано перспективною можливістю для розробки нових функціональних продуктів на рослинній основі. Ці інноваційні продукти включають в себе широкий асортимент товарів, таких як безглютеновий хліб, чіпси та печиво, тим самим розширюючи можливості для тих, хто шукає альтернативи у своєму харчуванні.

Таким чином, розглянуто, що хімічний склад побічних продуктів переробки конопляного насіння – білкової та клітковинної фракцій, підтверджує їх харчову та біологічну цінність. Комплексна промислова переробка насіння коноплі дозволить забезпечити майже 95% використання сировини, що відповідає критеріям безвідходного виробництва. Переробка похідних конопель пропонує значні переваги завдяки максимальному використанню різних компонентів, таких як білок і клітковина. Такий підхід не тільки підвищує поживну цінність продуктів з конопель, а й підтримує безвідходне виробництво, гарантуючи, що кожна частина рослини ефективно використовується у виробничому процесі.

ВИСНОВКИ. Коноплі та продукти з них є одним з перспективних ключів до розвитку стійкої та життєздатної продовольчої системи. Коноплі завжди були привабливою культурою завдяки високій цінності та універсальності.

Насіння конопель має багатий склад білків, незамінних жирних кислот, клітковини та біологічно активних речовин. За експериментальними дослідженнями насіння конопель містить 23-24% білка, 33-34% жирів, 32-33% клітковини. Конопляний білок має високу біологічну цінність, містить усі незамінні амінокислоти, зокрема аргінін та глутамін.

Комплексна переробка насіння конопель дозволяє ефективно отримувати функціональні продукти з високим вмістом білка та клітковини. Безвідходна модель виробництва дозволяє використовувати всі компоненти насіння, включаючи оболонки.

Джерела.

1. Yano H., Fu W. Hemp: A Sustainable Plant with High Industrial Value in Food Processing. *Foods*. 2023. Vol. 12, no. 3. P. 651. <https://doi.org/10.3390/foods12030651>
2. Traditional and New Applications of Hemp / G. Crini et al. *Sustainable Agriculture Reviews*. 2020. P. 37-87. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41384-2_2
3. Rol H. V., Nadtochiy V. M., Tsebro A. D. Hemp raw materials: new prospects for the food industry. *Technology of production and processing of livestock products: a collection of scientific papers*. 2021. №1(164). P. 152-158.
4. Szumny A., Żolnierczyk A. K. By-products of hemp from a nutritional point of view: new perspectives and opportunities. *Current Applications, Approaches, and Potential Perspectives for Hemp*. 2023. P. 493518. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-89867-6.00013-5>
5. Emerging natural hemp seed proteins and their functions for nutraceutical applications / H. Chen et al. *Food Science and Human Wellness*. 2023. Vol. 12, no. 4. P. 929-941. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.10.016>
6. Production of plant protein from seeds and cake of industrial hemp: Overview of processing methods for food industry / D. I. Aleksanochkin et al. *Food systems*. 2024. Vol. 7, no. 2. P. 188-197. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-188-197>
7. The Seed of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional Quality and Potential Functionality for Human Health and Nutrition / B. Farinon et al. *Nutrients*. 2020. Vol. 12, no. 7. P. 1935. <https://doi.org/10.3390/nu12071935>
8. Rizzo G., Storz M. A., Calapai G. The Role of Hemp (*Cannabis sativa* L.) as a Functional Food in Vegetarian Nutrition. *Foods*. 2023. Vol. 12, no. 18. P. 3505. <https://doi.org/10.3390/foods12183505>
9. Guidi S., Formica F. A., Denkel C. Mixing plant-based proteins: Gel properties of hemp, pea, lentil proteins and their binary mixtures. *Food Research International*. 2022. P. 111752. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111752>
10. Matthäus B., Brühl L. Virgin hemp seed oil: An interesting niche product. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2008. Vol. 110, no. 7. P. 655-661. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200700311>
11. The Influence of the Addition of Hemp Press Cake Flour on the Properties of Bovine and Ovine Yoghurts / G. Nakov et al. *Foods*. 2023. Vol. 12, no. 5. P. 958. <https://doi.org/10.3390/foods12050958>
12. Design of a Plant-Based Yogurt-Like Product Fortified with Hemp Flour: Formulation and Characterization / M. Montemurro et al. *Foods*. 2023. Vol. 12, no. 3. P. 485. <https://doi.org/10.3390/foods12030485>
13. Wang Q., Xiong Y. L. Processing, Nutrition, and Functionality of Hempseed Protein: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2019. Vol. 18, no. 4. P. 936-952. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12450>
14. Uncovering the secrets of industrial hemp in food and nutrition: The trends, challenges, and new-age perspectives / S. O. Aloo et al. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022. P. 1-20. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2149468>
15. Industrial hemp seed: from the field to value-added food ingredients / R. A. Burton et al. *Journal of Cannabis Research*. 2022. Vol. 4, no. 1. <https://doi.org/10.1186/s42238-022-00156-7>