

УДК 633.522:664.6/7

Петраченко Д. О.,

dpetrachenko@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-1347-9562,

Researcher ID: ABC-3313-2021,

к.т.н., викладач відділення агроінженерії,

Відокремлений структурний підрозділ Глухівський агротехнічний фаховий коледж

Сумського національного аграрного університету, м. Глухів

ОЦІНКА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ФРАКЦІЙ РУШАНКИ НАСІННЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНОПЕЛЬ

Анотація. У статті розглянуто питання підвищення ефективності та наближення до безвідходної технології переробки насіння промислових конопель за рахунок комплексного використання всіх продуктів обрушування рушанки. Наголошено, що в більшості відомих схем основна увага приділяється виходу очищеного ядра, тоді як проміжні фракції часто трактуються як відходи, без кількісної оцінки їх поживного потенціалу. Метою дослідження є встановлення хімічного складу основних фракцій рушанки насіння промислових конопель, отриманих за розробленою технологією обрушування з використанням повітряно-решітної машини малої продуктивності, та обґрунтування можливості їх комплексного цільового використання.

Об'єктом дослідження були фракції, сформовані під час сепарації рушанки на повітряно-решітній машині СМ-0,15 з триярусною системою решіт, яка забезпечує виділення шести продуктів обрушування. Хімічному аналізу піддано чотири фракції, що репрезентують основні напрямки перерозподілу речовини: обрушене ядро, січку, перевій та відходи. Визначено вміст сухої речовини, сирого протеїну, жиру, клітковини, золи та безазотистих екстрактивних речовин у натуральній та абсолютно сухій речовині, виконано порівняльний аналіз фракцій і кількісну оцінку їх поживного профілю.

Показано, що обрушене ядро характеризується максимальним вмістом жиру і протеїну за мінімальної частки клітковини та золи і є основним цільовим продуктом для виробництва харчових інгредієнтів. Встановлено, що січка та перевій за вмістом жиру й протеїну наближаються до ядра, але збагачені клітковиною, що дає змогу розглядати їх як повноцінну сировину для продуктів функціонального харчування та висококалорійних кормів, а не як другорядні відходи. Відходи мають клітковинозольний характер з найнижчим вмістом жиру і протеїну, що обґрунтовує їх використання в енергетичних цілях або як джерело структурної клітковини у кормах. На основі поєднання морфологічної та хімічної характеристики продуктів обрушування сформовано схему, у якій кожна фракція рушанки має визначений напрям цільового використання, що забезпечує практично безвідходний характер технології переробки насіння на ядро.

Ключові слова: промислові коноплі, обрушування насіння, рушанка, фракції сепарації, хімічний склад, безвідходна технологія, використання побічних продуктів.

Petrachenko D. O.,

dpetrachenko@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-1347-9562,

Researcher ID: ABC-3313-2021

PhD, Lecturer at the Agroengineering Division,

Separate Structural Unit of the Hlukhiv Agrotechnical Vocational College

of Sumy National Agrarian University, Hlukhiv

EVALUATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF FRACTIONS OF INDUSTRIAL HEMP SEED GRITS

Abstract. The paper addresses the challenge of increasing the efficiency and moving towards a near zero-waste technology for processing industrial hemp seeds by ensuring comprehensive utilization of all products formed during dehulling and separation of hemp seed grits. It is emphasized that in most conventional processing schemes the main focus is placed on the yield of cleaned kernel, whereas intermediate fractions are often treated as waste without quantitative assessment of their nutritional potential. The aim of the study is to determine the chemical composition of the main fractions of industrial hemp seed grits obtained using a

specially developed dehulling technology based on a low-capacity air-sieve machine, and to substantiate the possibility of their integrated and targeted utilization.

The research objects were the fractions formed during separation of hemp seed grits on an SM-0.15 air-sieve machine equipped with a three-deck sieve system that produces six dehulling products. Four fractions representing the main directions of material redistribution were subjected to chemical analysis: dehulled kernel, fines (sichka), middlings (perevii) and hull-rich wastes. For each fraction, the contents of dry matter, crude protein, fat, fibre, ash and nitrogen-free extractives were determined in both natural and absolutely dry matter; followed by a comparative assessment of the fractions and a quantitative characterization of their nutritional profiles.

It was shown that the dehulled kernel combines the highest levels of fat and protein with minimal fibre and ash contents and therefore acts as the primary target product for manufacturing food ingredients. Fines and middlings were found to be close to the kernel in terms of fat and protein content, while being enriched in fibre, which allows them to be considered as full-value raw materials for functional foods and high-energy feed rather than secondary waste. The hull-rich wastes exhibit a fibre- and ash-dominated profile with the lowest fat and protein contents among all fractions, which substantiates their use for energy purposes or as a source of structural fibre in compound feeds. By combining the morphological and chemical characterization of the dehulling products, a processing scheme was developed in which each fraction of hemp seed grits has a clearly defined utilization pathway, ensuring an almost zero-waste character of the technology for processing hemp seeds into kernel.

Key words: industrial hemp, seed dehulling, hemp seed grits, separation fractions, chemical composition, zero-waste technology, valorisation of by-products.

JEL Classification: Q13, Q16

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-44-06>

Постановка проблеми. Сучасні вимоги до переробки агросировини орієнтовані на впровадження маловідходних і безвідходних технологій, які забезпечують максимальне використання поживного потенціалу сировини. У переробці насіння промислових конопель це завдання ускладнюється формуванням побічних фракцій рушанки, які в традиційних технологічних схемах часто розглядаються як відходи. Для підвищення ресурсної віддачі технологічних ліній важливо не лише забезпечити високий вихід очищеного ядра, а й кількісно оцінити поживний потенціал усіх продуктів, що утворюються в процесі обрешування та сепарації. У зв'язку з цим актуальним є всебічне дослідження продуктів сепарації рушанки насіння промислових конопель для того, щоб на основі їх фізико-хімічних і технологічних властивостей обґрунтувати напрями подальшого цільового використання кожної фракції. Це створює передумови для формування технології переробки насіння на ядро, у якій усі отримані фракції розглядаються як корисні технологічні потоки, що забезпечує практично безвідходний характер процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У світовій практиці переробки олійних культур насіння промислових конопель розглядають як цінну сировину для одержання високоякісної олії, білкових інгредієнтів та продуктів функціонального харчування. Харчова цінність конопляного насіння зумовлена поєднанням повно-

цінного білка, поліненасичених жирних кислот та комплексу біологічно активних речовин [1–3]. Сучасні огляди відзначають зростання інтересу до використання конопляного ядра і похідних продуктів у технологіях здорового харчування, зокрема в сегментах рослинних білкових концентратів, напоїв, борошна та комплексних сумішей [2–3]. Водночас реалізація цього потенціалу безпосередньо залежить від досконалості технології обрешування насіння і подальшої сепарації рушанки, які визначають не лише якість ядра, а й характер формування побічних фракцій.

У низці робіт для конопель проаналізовано вплив операції обрешування на властивості білкових ізолятів, мікроструктуру частинок та функціонально-технологічні показники білкової фракції [4], а також виконано порівняння складу цілого насіння, оболонки і обрешеного ядра на рівні протеоміки [5]. Проте зазначені дослідження, як правило, здійснюються або на лабораторних зразках з ручним відділенням оболонки, або в межах узагальнених категорій «ціле насіння/ядро/лушпиння». Технологічно важливі продуктивні фракції, які реально формуються на робочих лініях (обрешене ядро, січка, проміжні суміші ядрового та оболонкового матеріалу, відходи) у більшості випадків не мають описаного хімічного профілю, що ускладнює їх цільове використання.

Для інших культур ця проблема вивчена значно глибше. Так, для вівса, соняшнику, ріпаку

наявні детальні дані про хімічний склад цілого зерна, очищеного ядра, оболонки та побічних продуктів, що дозволяють кількісно оцінювати перерозподіл протеїну, жиру, клітковини та мінеральних речовин між фракціями [6–9]. На цій основі обґрунтовуються режими обрушування, схеми рециркуляції проміжних потоків та напрями використання лушпиння, шроту, борошна у харчових і кормових технологіях. Для насіння промислових конопель аналогічна інформація про реальні технологічні продукти переробки є фрагментарною, що не дає змоги у повному обсязі застосувати підходи маловідходної та безвідходної переробки, уже відпрацьовані для інших олійних культур.

Нормативні документи, зокрема стандарт ДСТУ 7695:2015, регламентують показники якості насіння конопель як сировини, але не торкаються питань розподілу поживних речовин між продуктами, що утворюються після обрушування та сепарації [10].

У практиці переробки ефективність обрушування найчастіше характеризують за виходом ядра, ступенем очищення від оболонки і величиною прямої втрати ядра з відходами, тоді як втрата поживного потенціалу в проміжних фракціях (січка, проміжні суміші, легкі відходи) або не оцінюється взагалі, або розглядається лише на рівні орієнтовних характеристик.

Попередні дослідження авторів [11–12], присвячені механіко-технологічним аспектам обрушування насіння промислових конопель та сепарації рушанки, показали, що використання машин відцентрового та решітно-повітряного типу забезпечує формування кількох сталих фракцій, які істотно відрізняються за морфологічним складом та аеродинамічними властивостями. Зокрема, на повітряно-решітних машинах малої продуктивності типу СМ-0,15 виділяється шість продуктів, серед яких поряд з товарним ядром формуються фракції січки, проміжних сумішей та відходів, що потенційно можуть містити значну частку жиру і протеїну. Однак наявні роботи зосереджені насамперед на впливі режимів обрушування і сепарації на вихід ядра та ступінь очищення, тоді як хімічний склад окремих фракцій рушанки не досліджений.

Таким чином, у сучасному стані науково-технічної інформації спостерігається дисбаланс: для насіння промислових конопель достатньо добре вивчено загальний хімічний склад цілого насіння і ядра та описано механічні аспекти обрушування, але відсутні систематизовані дані про хімічний

профіль технологічних фракцій, що формуються під час сепарації рушанки на поширених машинах малої продуктивності. Це істотно обмежує можливості науково обґрунтованого проектування маловідходних технологій, у яких кожна фракція (від ядра до легких відходів) має чітко визначений напрям подальшого використання.

З огляду на орієнтацію харчової і переробної промисловості на принципи циркулярної економіки та максимального залучення супутніх продуктів у технологічний цикл, відсутність даних про розподіл білково-жирового й клітковинного потенціалу між фракціями рушанки насіння промислових конопель є суттєвою науковою та практичною проблемою. Її розв'язання є необхідною передумовою кількісної оцінки втрат поживних компонентів з відходами, обґрунтування рециркуляції проміжних фракцій з високою часткою цінних речовин і визначення доцільних харчових, кормових та енергетичних напрямів використання окремих продуктів сепарації. Саме потреба у такій інформації, що спирається на реальні дані хімічного аналізу фракцій, зумовлює вибір структури даного дослідження.

Постановка завдання. Метою статті є кількісна характеристика хімічного складу основних фракцій рушанки насіння промислових конопель, отриманих у процесі сепарації, та обґрунтування можливості їх комплексного використання в технології переробки. Для досягнення цієї мети передбачено визначити вміст основних поживних компонентів (сирого протеїну, жиру, клітковини, золи та безазотистих екстрактивних речовин) у виділених фракціях, порівняти їх між собою та оцінити втрати поживних речовин з відходами. На основі результатів ставиться завдання визначити раціональні напрями використання кожної фракції та сформулювати підходи до побудови практично безвідходної схеми переробки насіння на ядро.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводили на насінні промислових конопель сорту «Глесія» з виробничих посівів Інституту луб'яних культур НААН (Сумська область). Насіння обрушували без попереднього калібрування. Вологість насіння становила 9,1%. Обрушування насіння виконували за розробленою технологією з використанням відцентрового обрушувача власної розробки [13]. В процесі обрушування формувалася рушанка, яка розділялася на повітряно-решітній машині СМ-0,15, оснащений комплектом решіт: верхнє з круглими отворами діаметром 3,0 мм, середнє з продовгу-

ватими отворами 20×2,0 мм, нижнє з продовгуватими отворами 1,0×20 мм.

У результаті роботи машини виділяли шість продуктів обрушування: ядро, мішанку, січку, перевій, недоруш та відходи. Характеристика цих продуктів за морфологічним складом і можливими напрямками використання наведена у таблиці 1.

Відмічено (табл. 1), що ядро являє собою готовий до вживання продукт з мінімальною засміченістю; мішанка містить підвищену кількість цілого і частково ушкодженого ядра; січка і перевій складаються з поєднання дрібних часток ядра з оболонками та насінневою плівкою; недоруш представлений цілим і пошкодженим не обрушеним насінням; відходи формуються переважно оболонками, плівкою та дрібними органічними домішками.

Для кількісної оцінки поживного потенціалу рушанки хімічному аналізу піддали чотири основні фракції: обрушене ядро, січку, перевій та відходи. Мішанка і недоруш розглядалися як циркуляційні потоки, що повертаються на повторне обрушування з метою додаткового виділення ядра, тому до складу їх не включали.

Узагальнені результати визначення вмісту сухої речовини в продуктах обрушування наведено на рис. 1.

Як видно з рис. 1, усі продукти обрушування характеризуються високим і відносно вирівняним вмістом сухої речовини: у діапазоні від 88,75% для відходів до 92,62% для обрушеного ядра. Січка та перевій займають проміжне положення (90,36 і 90,61% відповідно), що свідчить про незначні відмінності у вологості між основними фракціями рушанки. Такий рівень сухої

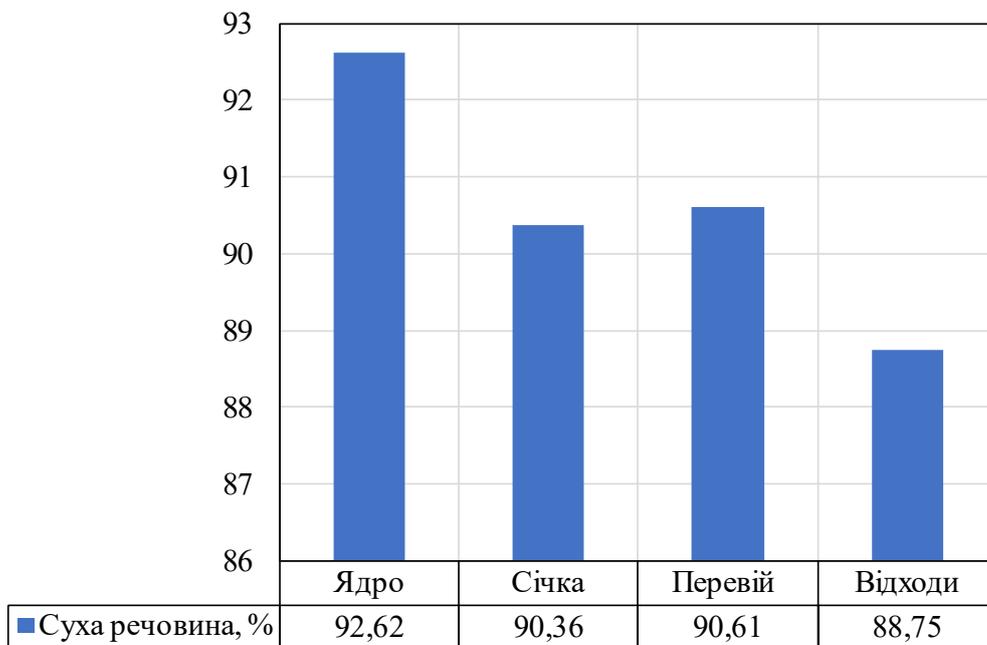


Рис. 1. Вміст сухої речовини в продуктах обрушування насіння промислових конопель

Таблиця 1

Характеристика продуктів обрушування насіння промислових конопель

Назва продукту	Опис
Ядро	Готовий до вживання продукт засміченістю до 1,0% (подрібнена оболонка), складається з подрібнених (85,0%) та цілих (14,0%) ядер.
Мішанка	Продукт з підвищеним вмістом цілого насінневого ядра, складається з цілих обрушених насінневих ядер (75,0%) і цілого та недорухеного насіння (25,0%).
Січка	Складається з частини оболонки, насінневої плівки (50%) та дрібних часток ядра (50%)
Перевій	Складається з дрібно розмеленого насіння, в більшій мірі ядро (65%) та оболонки (35%).
Недоруш	Ціле та пошкоджене конопляне насіння, що не обрушилося за цикл
Відходи	Насіннева оболонка, насіннева плівка, дрібно розмелені частки насіння, насінневий пил, органічні домішки

речовини забезпечує можливість подальшої переробки без додаткового сушіння й дає підстави для коректного порівняння хімічного складу продуктів у перерахунку на абсолютно суху речовину.

Хімічний склад фракцій у перерахунку на абсолютно суху речовину представлено на рис. 2.

Аналіз хімічного складу фракцій у перерахунку на абсолютно суху речовину (рис. 2) засвідчив чіткі відмінності між технологічними продуктами обрушування. Обрушене ядро характеризується найбільш концентрованим поживним профілем: частка сирого жиру становить 56,35%, протеїну – 29,96%, тоді як вміст клітковини, золи та БЕР обмежується 3,42; 7,04 і 3,23% відповідно. Така структура вказує на виражену жирowo-білкову спрямованість та мінімальний вміст баластних компонентів, що відповідає ролі ядра як основного харчового продукту.

Січка і перевій мають проміжний характер, поєднуючи високий вміст енергетично цінних речовин із суттєвою часткою структурних компонентів. Січка має 20,81% протеїну, 32,04% жиру, 29,40% клітковини, 6,40% золи та 11,35% БЕР, а перевій відповідно 20,00; 32,85; 27,60; 5,62 і 13,93%. Сумарний вміст протеїну та жиру в обох фракціях перевищує 50%, однак підвищена частка клітковини фор-

мує більш виражений «клітковинно-білково-жировий» профіль.

Відходи істотно відрізняються від інших продуктів: частка протеїну становить 12,82%, жиру – 19,49%, тоді як вміст клітковини досягає 37,70%, БЕР – 25,07%, золи – 4,92%. У цій фракції домінують структурні компоненти оболонки, а сумарний вміст протеїну і жиру є найнижчим серед досліджених продуктів, що підтверджує її статус найбільш збідненої на цінні поживні речовини.

Узагальнення отриманих даних свідчить про закономірну зміну складу: у напрямку від ядра до відходів частка протеїну та жиру зменшується, тоді як клітковини й БЕР – зростає. Це дає змогу диференційовано підходити до використання фракцій. Обрушене ядро доцільно орієнтувати на безпосереднє споживання та переробку в харчові інгредієнти. Січка та перевій, попри більший вміст клітковини, містять значні кількості жиру й протеїну, тому розглядаються як сировина для продуктів функціонального призначення з підвищеним вмістом харчових волокон, для одержання технічної олії та як компонент висококалорійних кормових сумішей і гранул. Відходи з їхнім клітковинним профілем та низьким вмістом жиру і протеїну доцільно спрямовувати на виробництво паливних брикетів, гранульованого палива

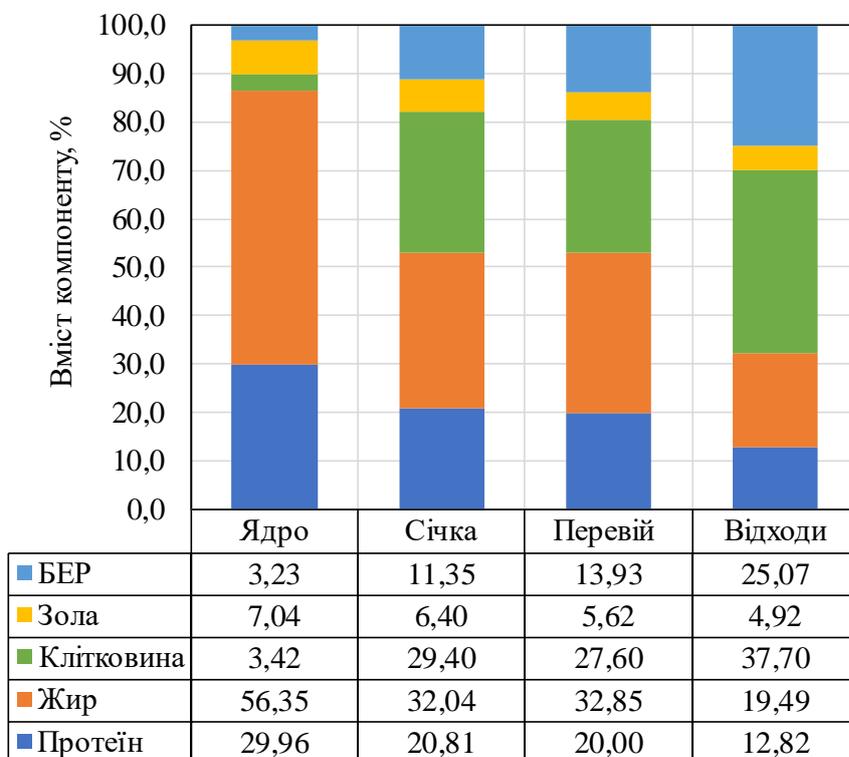


Рис. 2. Хімічний склад продуктів обрушування насіння промислових конопель у перерахунку на абсолютно суху речовину

або використовувати у складі комбікормів як джерело структурної клітковини.

Отже, результати дослідження дозволяють сформувати комплексну схему переробки насіння промислових конопель, у якій усі продукти, що утворюються на етапах обрушування та сепарації, мають чітко визначені маршрути використання: ядро – основний харчовий продукт, січка та перевій – додаткові джерела білка, жиру та харчових волокон у харчових і кормових технологіях, відходи – енергетичний або структурно-кормовий компонент. За такої організації процесу кожна фракція рушанки перетворюється на корисний технологічний потік, а обрушування насіння на ядро набуває практично безвідходного характеру.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.

На основі морфологічних та хімічних характеристик продуктів обрушування сформовано схему, у якій ядро, січка, перевій, недоруш і відходи мають чітко визначені напрями використання, що забезпечує практично безвідходний характер технології обрушування насіння промислових конопель. Зокрема:

– обрушене ядро характеризується максимальним вмістом жиру і протеїну за мінімальної частки клітковини та золи, що підтверджує його статус основного цільового продукту для харчових інгредієнтів;

– січка та перевій за вмістом жиру й протеїну наближаються до ядра, але містять більше клітковини, тому можуть розглядатися як повноцінна сировина для продуктів функціонального харчування та висококалорійних кормів, а не як відходи;

– відходи мають клітковино-зольний характер з найнижчим вмістом жиру і протеїну, що обґрунтовує їх використання в енергетичних цілях або як джерело структурної клітковини у кормах.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на уточнення впливу режимів обрушування та сепарації на перерозподіл поживних речовин між фракціями, вивчення функціонально-технологічних властивостей січки та перевию у складі харчових і кормових систем, а також на економічну оцінку ефекту від комплексного використання всіх продуктів рушанки в безвідходних технологічних схемах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Callaway J. C. Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica*. 2004. Vol. 140, No. 1-2. P. 65–72. DOI: 10.1007/s10681-004-4811-6.

2. Leonard W., Zhang P., Ying D., Fang Z. Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020. Vol. 19, No. 1. P. 282–308. DOI: 10.1111/1541-4337.12517.

3. Montero L., Ballesteros-Vivas D., Gonzalez-Barrios A. F., Sánchez-Camargo A. del P. Hemp seeds: Nutritional value, associated bioactivities and the potential food applications in the Colombian context. *Frontiers in Nutrition*. 2023. Vol. 9. Article 1039180. DOI: 10.3389/fnut.2022.1039180.

4. Shen P., Gao Z., Xu M., Ohm J.-B., Rao J., Chen B. The impact of hempseed dehulling on chemical composition, structure properties and aromatic profile of hemp protein isolate. *Food Hydrocolloids*. 2020. Vol. 106. Article 105889. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.105889.

5. Bárta J., Roudnický P., Jarošová M., Zdráhal Z., Stupková A., BártoVá V. та ін. Proteomic profiles of whole seeds, hulls, and dehulled seeds of two industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars. *Plants*. 2024. Vol. 13, No. 1. Article 111. DOI: 10.3390/plants13010111.

6. Biel W., Jacyno E., Kawecka M. Chemical composition of hulled, dehulled and naked oat grains. *South African Journal of Animal Science*. 2014. Vol. 44, No. 2. P. 189–197. DOI: 10.4314/sajas.v44i2.12.

7. Cancalon P. Chemical composition of sunflower seed hulls. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1971. Vol. 48, No. 10. P. 629–632. DOI: 10.1007/BF02544577.

8. Petraru A., Ursachi F., Amariei S. Nutritional characteristics assessment of sunflower seeds, oil and cake. Perspective of using sunflower oilcakes as a functional ingredient. *Plants*. 2021. Vol. 10, No. 11. Article 2487. DOI: 10.3390/plants10112487.

9. Carré P. Hull content and chemical composition of whole seeds, hulls and germs in cultivars of rapeseed (*Brassica napus*). *OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2016. Vol. 23, No. 5. D504. DOI: 10.1051/ocl/2016021.

10. Насіння конопель. Технічні умови: ДСТУ 7695:2015. [Чинний з 01.08.2016]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 12 с.

11. Sheichenko V., Petrachenko D., Rogovskii I., Dudnikov I., Shevchuk V., Sheichenko D. та ін. Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 4, No. 1(130). P. 54–68. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309869.

12. Sheichenko V., Petrachenko D., Shevchuk M., Sheichenko D. Study of roller and centrifugal methods of hemp seed shelling. *Agricultural Machines*. 2024. Vol. 50. P. 37–47. DOI: 10.36910/acm.vi50.1333.

13. Sheichenko V., Petrachenko D., Koropchenko S., Rogovskii I., Gorbenko O., Volianskyi M., & Sheichenko D. Substantiating the rational parameters and operation modes for the hemp seed centrifugal dehuller. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 2, No. 1(128), P. 34–48. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.300174

REFERENCES:

1. Callaway, J.C., 2004. Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica*, 140(1-2), pp. 65–72. <https://doi.org/10.1007/s10681-004-4811-6>
2. Leonard, W., Zhang, P., Ying, D. and Fang, Z., 2020. Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), pp.282–308. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12517>
3. Montero, L., Ballesteros-Vivas, D., Gonzalez-Barrios, A.F. and Sánchez-Camargo, A. del P., 2023. Hemp seeds: Nutritional value, associated bioactivities and the potential food applications in the Colombian context. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1039180. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1039180>
4. Shen, P., Gao, Z., Xu, M., Ohm, J.-B., Rao, J. and Chen, B., 2020. The impact of hempseed dehulling on chemical composition, structure properties and aromatic profile of hemp protein isolate. *Food Hydrocolloids*, 106, 105889. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105889>
5. Bárta, J., Roudnický, P., Jarošová, M., Zdráhal, Z., Stupková, A., Bártová, V., Krejčová, Z., Kyselka, J., Filip, V., Říha, V. et al., 2024. Proteomic profiles of whole seeds, hulls, and dehulled seeds of two industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars. *Plants*, 13(1), 111. <https://doi.org/10.3390/plants13010111>
6. Biel, W., Jacyno, E. and Kawecka, M., 2014. Chemical composition of hulled, dehulled and naked oat grains. *South African Journal of Animal Science*, 44(2), pp.189–197. <https://doi.org/10.4314/sajas.v44i2.12>
7. Cancalon, P., 1971. Chemical composition of sunflower seed hulls. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 48(10), pp.629–632. <https://doi.org/10.1007/BF02544577>
8. Petraru, A., Ursachi, F. and Amariei, S., 2021. Nutritional characteristics assessment of sunflower seeds, oil and cake. Perspective of using sunflower oilcakes as a functional ingredient. *Plants*, 10(11), 2487. <https://doi.org/10.3390/plants10112487>
9. Carré, P., 2016. Hull content and chemical composition of whole seeds, hulls and germs in cultivars of rapeseed (*Brassica napus*). *OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 23(5), D504. <https://doi.org/10.1051/ocl/2016021>
10. Nasinnia konopel. Tekhnichni umovy: DSTU 7695:2015 [Hemp seed. Specifications]. Kyiv: DP “UkrNDNTs”, 2015. 12 p. [in Ukrainian].
11. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Rogovskii, I., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D. et al., 2024. Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(1(130)), pp.54–68. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869>
12. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Shevchuk, M. and Sheichenko, D., 2024. Study of roller and centrifugal methods of hemp seed shelling. *Agricultural Machines*, 50, pp.37–47. <https://doi.org/10.36910/acm.vi50.1333>
13. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Koropchenko, S., Rogovskii, I., Gorbenko, O., Volianskyi, M., & Sheichenko, D. (2024). Substantiating the rational parameters and operation modes for the hemp seed centrifugal dehuller. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(1(128)), 34-48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300174>

Дата першого надходження статті до видання: 19.11.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.12.2025

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.12.2025