

АПАРАТНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНОПЕЛЬ ДЛЯ МАЛИХ І СЕРЕДНІХ ГОСПОДАРСТВ

Шейченко В., д-р техн. наук, проф.,

<http://orcid.org/0000-0003-2751-6181>, e-mail: vsheychenko@ukr.net,

Полтавський державний аграрний університет

Петраченко Д., канд. техн. наук,

<https://orcid.org/0000-0002-1347-9562>

Відокремлений структурний підрозділ Глухівський агротехнічний фаховий коледж
Сумського національного аграрного університету

Шейченко Д., здобувач вищої освіти доктор філософії,

<https://orcid.org/0009-0002-0427-479X>

Полтавський державний аграрний університет

Шевчук В., канд. техн. наук, доцент,

<http://orcid.org/0000-0001-8305-4714>

Шевчук М., доктор філософії, доцент,

[http:// orcid.org/0000-0002-0123-0348](http://orcid.org/0000-0002-0123-0348)

Уманський національний університет

Анотація

У статті розглянуто апаратно-технологічну схему комплексної переробки насіння промислових конопель, орієнтовану на умови малих і середніх господарств за принципом від поля до готового продукту.

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні структури технологічних потоків та складу основного обладнання для одержання обрушеного ядра, конопляної олії з максимальним залученням побічних фракцій у харчовий, кормовий та енергетичний напрями.

Методи дослідження включають аналіз і узагальнення наукових публікацій щодо переробки олійних культур, систематизацію виробничого досвіду експлуатації малотоннажних ліній, структурно-логічне моделювання технологічних схем та інженерно-технологічне обґрунтування функціонування окремих апаратів.

Результати. У результаті сформовано послідовність операцій післязбиральної доробки й підготовки насіння, описано два базові напрями переробки: одержання обрушеного ядра у відцентровому обрушувачі з подальшою повітряно-решітною сепарацією та холодне пресування насіння на шнековому пресі. Крім того, описано два альтернативні напрями використання макухи (виробництво сипких харчових інгредієнтів і кормових гранул) та енергетичний модуль з брикетування лушпиння.

Висновки. Запропонована апаратно-технологічна схема комплексної переробки насіння конопель дає змогу гнучко змінювати конфігурацію лінії залежно від сировинної бази і ринкового попиту, забезпечує комплексне використання сировини та зменшення відходів, створює передумови для підвищення економічної стійкості та екологічної ефективності переробки насіння промислових конопель у фермерському секторі.

Ключові слова: промислові коноплі; насіння конопель; апаратно-технологічна схема; обрушене ядро; холодне пресування олії; макуха; лушпиння.

Вступ. Промислові коноплі належать до багатофункціональних сільськогосподарських культур, які можуть забезпечувати харчовий, кормовий, технічний та енергетичний напрями використання сировини. Yano і Fu [2023] розглядають коноплі як перспективну культуру для харчової переробки завдяки поєднанню високої біологічної цінності та технологічної універсальності. Особливе значення має насіння, яке містить олію, білок, харчові волокна, мінеральні речовини та біологічно активні сполуки. За даними Farinon та ін. [2020], харчова цінність насіння промислових конопель пов'язана зі сприятливим жирнокислотним складом, наявністю повноцінних білків і функціональних компонентів. Аналогічне бачення представлено в огляді Tanase Apetroaei та ін. [2024], де насіння конопель розглянуто як джерело натуральних інгредієнтів для функціональних харчових продуктів.

Переробка насіння промислових конопель дає змогу перейти від реалізації сировини до одержання продукції з вищою доданою вартістю. Oseyko та ін. [2021] зазначають, що насіння конопель може бути основою для виробництва олії, обрешеного ядра, борошна, білкових продуктів і спеціалізованих харчових інгредієнтів. Mendoza-Perez та ін. [2024] показали, що насіння, олія та знежирена макуха мають різні фізико-хімічні характеристики, тому повинні розглядатися як окремі, але взаємопов'язані продукти переробки. Це обґрунтовує доцільність розроблення та впровадження комплексної технологічної схеми.

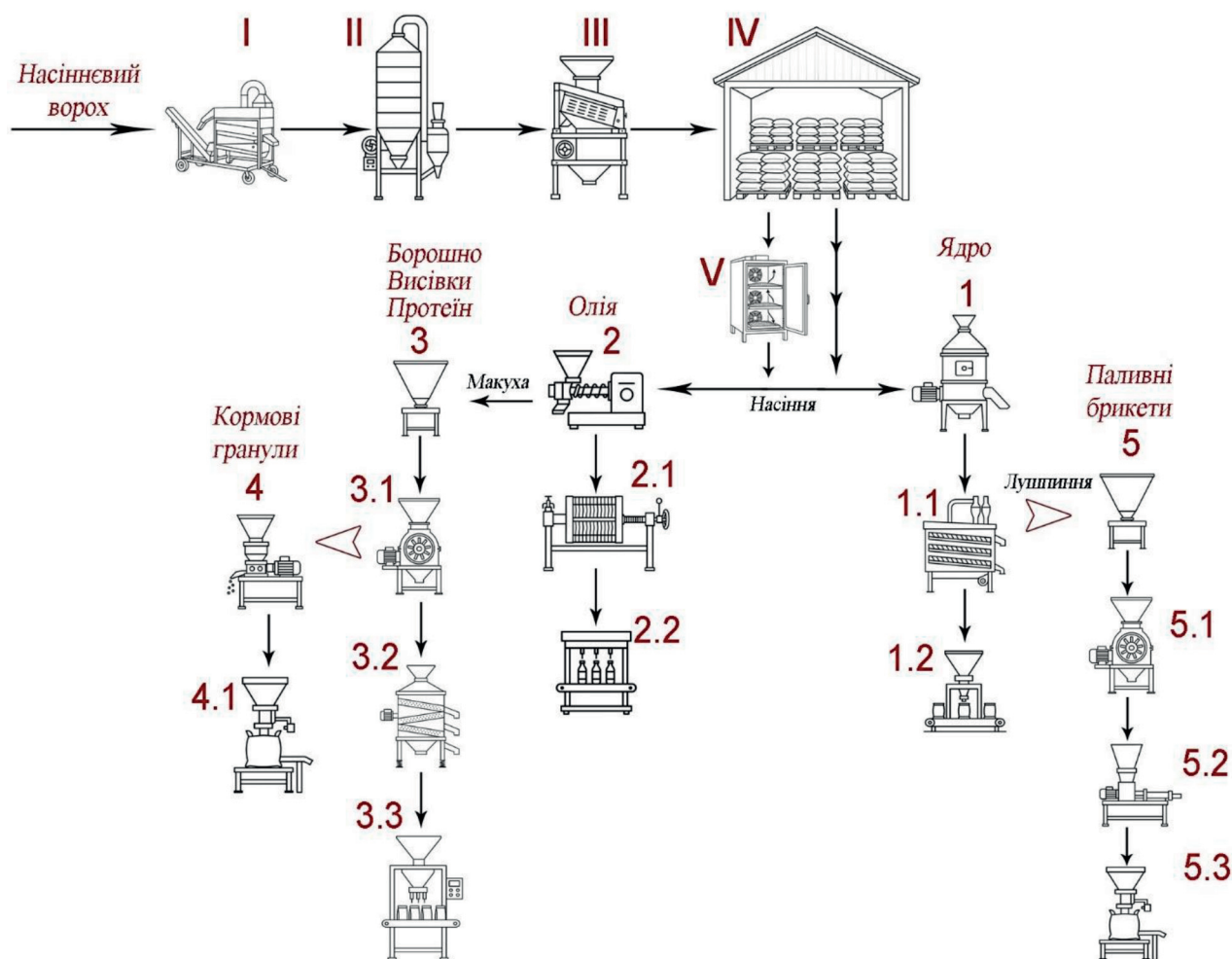
Важливий напрям сучасної переробки — раціональне використання побічних фракцій. Ramos-Sanchez та ін. [2025] підкреслюють, що продукти й побічні продукти переробки насіння конопель є джерелом поживних речовин і рослинних метаболітів. З огляду на це макуха після пресування олії, лушпиння після обрешування та інші вторинні потоки не повинні розглядатися як відходи, а мають залучатися до харчового, кормового або енергетичного використання.

Водночас наявні дослідження зосереджено здебільшого на хімічному складі насіння, якості олії, властивостях білкових продуктів або окремих технологічних операціях. Kurki та ін. [2008] розглядають малотоннажну переробку олійних культур через базові операції очищення, пресування, фільтрування і фасування, а Kolianovska [2023] узагальнює технологічні схеми переробки олійної сировини. Водночас для насіння промислових конопель недостатньо опрацьованими залишаються цілісні апаратно-технологічні схеми, адаптовані до умов малих і середніх господарств. Саме тому актуальним є обґрунтування модульної схеми, яка поєднує багатовекторну переробку насіння конопель в єдиному виробничому циклі.

Постановка завдань. Насіння промислових конопель може бути сировиною для одержання олії, обрешеного ядра, білкових продуктів, кормових компонентів і побічної біомаси. Однак у малих і середніх господарствах його переробка часто обмежується одним напрямом, здебільшого пресуванням олії або реалізацією необробленого насіння. Унаслідок цього макуха, лушпиння та інші побічні фракції використовуються неповно, що знижує економічну ефективність переробки. Проблема полягає у відсутності цілісної апаратно-технологічної схеми комплексної переробки насіння промислових конопель, адаптованої до умов малих і середніх господарств.

Метою статті є обґрунтування такої схеми з визначенням послідовності технологічних операцій, структури потоків насіння, ядра, олії, макухи й лушпиння та складу основного обладнання для харчового, кормового й енергетичного використання сировини.

Методи і матеріали. Дослідження виконано на основі структурно-технологічного аналізу процесів післязбиральної доробки та переробки насіння промислових конопель. Об'єктом дослідження є апаратно-технологічна схема комплексної переробки насіння конопель. Предмет дослідження — послідовність технологічних



I – первинне очищення насіннєвого вороху; II – сушіння насіння; III – основне очищення та сортування насіння; IV – склад зберігання насіння; V – підсушування насіння перед переробкою (за потреби); 1 – відцентровий обрушувач насіння; 1.1 – повітряно-решітна очисна машина; 1.2 – установка для фасування ядра; 2 – шнековий прес для холодного пресування олії; 2.1 – пластинчастий фільтр для сирової олії; 2.2 – установка для фасування олії; 3 – бункер-накопичувач макухи; 3.1 – молоткова дробарка; 3.2 – вібраційне сито; 3.3 – установка для фасування сипких продуктів; 4 – прес для кормових гранул; 4.1 – установка для фасування гранул; 5 – бункер-накопичувач лушпиння; 5.1 – молоткова дробарка; 5.2 – прес для паливних брикетів; 5.3 – установка для фасування брикетів

Рисунок 1 – Апаратно-технологічна схема переробки насіння промислових конопель для малих і середніх господарств:

операцій, структура матеріальних потоків і склад основного обладнання для одержання обрешеного ядра, олії, харчових і кормових продуктів із макухи та паливних брикетів із лушпиння.

Схему формували за модульним принципом. Кожний технологічний модуль розглядали як окрему функціональну ланку: післязбиральна доробка насіння, зберігання, обрушування, повітряно-решітна сепарація, холодне пресування, фільтру-

вання олії, подрібнення і фракціонування макухи, гранулювання кормових продуктів, подрібнення та брикетування лушпиння. Для кожної ланки визначали вхідний потік, основний продукт, побічні фракції та подальший напрям їх використання.

Результати. Запропоновано апаратно-технологічну схему комплексної переробки насіння промислових конопель для малих і середніх господарств (рис. 1). Схема побудована за модульним принци-

пом і передбачає послідовне поєднання післязбиральної доробки насіння, його зберігання, обрушування, холодного пресування, переробки макухи та використання лушпиння. Основна особливість схеми — формування кількох товарних потоків з однієї сировини: обрушеного ядра, харчової олії, сипких продуктів із макухи, кормових гранул і паливних брикетів.

Початковим етапом схеми є післязбиральна доробка насіннєвого вороху. Після збирання насіння промислових конопель надходить на первинне очищення (I), де з потоку вилучають грубі, легкі, мінеральні та рослинні домішки. Це зменшує ризик самонагрівання насіннєвої маси та створює умови для стабільного сушіння. Далі насіння спрямовується на сушіння (II), мета якого — доведення вологості до рівня, придатного для безпечного зберігання і подальшої переробки. Після сушіння виконується основне очищення та сортування (III), унаслідок чого формується вирівняна за якістю партія насіння. Підготовлена сировина надходить на склад зберігання (IV), звідки може бути направлена на переробку або частково реалізована як товарне насіння.

Для підвищення стабільності технологічного процесу в схемі передбачено додаткове підсушування насіння перед переробкою (V). Цей елемент застосовується за потреби, якщо під час зберігання вологість сировини перевищує оптимальні значення для обрушування або пресування. Наявність такого модуля підвищує керованість процесу та зменшує ризик погіршення якості готової продукції.

Перший основний напрям переробки передбачає одержання обрушеного ядра. Підготовлене насіння подається на відцентровий обрушувач (1), у якому відбувається руйнування насіннєвої оболонки. Отримана рушанка містить ядро, лушпиння, частково недообрушене насіння та легкі домішки. Для її розділення передбачено повітряно-решітну очисну машину (1.1), де компоненти потоку розділяються за розмірними та аеродинамічними властивостями. Основним продуктом цього на-

прямую є обрушене ядро, яке після очищення фасується на установці (1.2) і надходить на склад готової продукції.

Другий основний напрям передбачає одержання конопляної олії холодним пресуванням. Насіння зі складу або після додаткового підсушування подається на шнековий прес (2). У процесі пресування утворюються два потоки: сира олія та макуха. Олія надходить на пластинчастий фільтр (2.1), де з неї вилучаються механічні домішки. Після фільтрування готову олію фасують на установці (2.2) у споживчу тару.

Макуху, що утворюється після пресування, розглядають як окрему цінну сировину. У схемі передбачено два варіанти її використання. За першим варіантом макуха надходить до бункера-накопичувача (3), подається на молоткову дробарку (3.1), після чого проходить через вібраційне сито (3.2). У результаті можна одержувати сипкі продукти, зокрема конопляне борошно, висівки або білково-вуглеводні фракції. Після фракціонування ці продукти фасуються на установці (3.3). За другим варіантом макуха спрямовується на прес для кормових гранул (4), де формується гранульований кормовий продукт, який фасується на установці (4.1).

Лушпиння, яке відокремлюється під час обрушування, у запропонованій схемі не вилучається з виробничого циклу як відхід. Воно надходить до бункера-накопичувача (5), після чого подається на молоткову дробарку (5.1) для підготовки фракційного складу до ущільнення. Далі подрібнена маса спрямовується на прес для паливних брикетів (5.2). Готові брикети фасуються на установці (5.3) і можуть використовуватися для енергетичних потреб господарства або реалізовуватися як тверде біопаливо.

Запропонована схема може адаптуватися до різних виробничих моделей. Для господарств, які мають власну сировинну базу, доцільним є використання повного циклу, що включає післязбиральну доробку, зберігання і переробку насіння. Для підприємств, які працюють із уже підго-

товленою сировиною, первинні операції очищення, сушіння та сортування можуть бути винесені за межі лінії. У такому разі основними модулями залишаються обрушування, холодне пресування, переробка макухи, використання лушпиння та фасування готової продукції.

Обговорення. Запропонована схема відрізняється від більшості наявних підходів тим, що розглядає насіння промислових конопель не як сировину для одного продукту, а як основу для формування кількох взаємопов'язаних матеріальних потоків. У дослідженнях Oseyko та ін. [2021] основну увагу приділено зберіганню й переробці насіння конопель для одержання функціональних, дієтичних і спеціалізованих продуктів. У роботі Mendoza-Perez та ін. [2024] окремо охарактеризовано насіння, олію та знежирену макуху. На відміну від таких підходів, у цій статті зазначені продукти об'єднано в єдину апаратно-технологічну схему, де кожна фракція має визначений подальший напрям використання.

Блок холодного пресування в запропонованій схемі узгоджується з сучасними підходами до одержання харчових рослинних олій без застосування органічних розчинників. Sakaloglu та ін. [2018] зазначають, що холодне пресування дає змогу зменшити хімічне навантаження на продукт і зберегти його харчову цінність. Для конопляної олії це особливо важливо, оскільки її якість залежить від режимів пресування та підготовки сировини. Allay та ін. [2025] показали вплив температури шнекового пресування на вихід, вміст біоактивних сполук та якість олії. Baldino та ін. [2022] також підтверджують технологічну доцільність поєднання виробництва конопляної олії з подальшим використанням білкових компонентів насіння, що відповідає комплексному підходу запропонованої схеми. Тому включення до схеми попереднього очищення, сушіння, зберігання та за потреби додаткового підсушування насіння є технологічно обґрунтованим, оскільки ці операції стабілізують властивості сировини перед пресуванням.

Обрушування насіння — другий ключовий елемент схеми, оскільки забезпечує одержання харчового ядра та формування окремого потоку лушпиння. Shen та ін. [2020] довели, що обрушування впливає на склад і властивості білкових продуктів із насіння конопель. Sheichenko та ін. [2024] обґрунтували раціональні параметри роботи відцентрового обрушувача, що підтверджує доцільність використання такого апарата в технологічній лінії. У запропонованій схемі обрушування не є ізольованою операцією, а пов'язане з повітряно-решітною сепарацією, фасуванням ядра та подальшим використанням лушпиння.

Використання макухи як окремого продуктового потоку також відповідає сучасним тенденціям переробки олійної сировини. Ambroziak і Wenda-Piesik [2025] довели, що макуха з обрушеного й необрушеного насіння конопель різняться за поживними та функціональними властивостями. Сарсанагі та ін. [2025] розглядають конопляну макуху як джерело білків для одержання харчових концентратів, а Grahovac та ін. [2025] — як перспективну сировину для одержання харчових компонентів із доданою вартістю. Це підтверджує доцільність включення до схеми операцій подрібнення, просіювання, фасування сипких продуктів або гранулювання для кормового використання. Такий підхід підвищує рівень комплексності переробки і зменшує частку побічних продуктів, які не мають цільового призначення.

Окрема перевага схеми — включення лушпиння до енергетичного напрямку. У роботі Kraszkiewicz та ін. [2019] обґрунтовано можливість використання конопляної біомаси для енергетичних цілей. Хоча лушпиння насіння не є тотожним усій надземній біомасі конопель, воно також належить до рослинних залишків із потенціалом ущільнення в тверде біопаливо. Тому подрібнення та брикетування лушпиння в межах запропонованої схеми є логічним способом підвищення ресурсної ефективності переробки.

Отримані результати мають переважно інженерно-технологічний характер. Запропонована схема не визначає остаточні режимні параметри всіх машин, продуктивність лінії чи економічні показники її впровадження, оскільки ці величини залежать від вологості насіння, обсягу сировини, типорозміру обладнання та виробничої моделі господарства. Водночас схема формує основу для подальшого техніко-економічного розрахунку, добору конкретного обладнання та експериментальної перевірки роботи окремих модулів у виробничих умовах.

Висновки. У статті обґрунтовано апаратно-технологічну схему комплексної переробки насіння промислових конопель, орієнтовану на умови малих і середніх господарств. Запропонована схема передбачає поєднання післязбиральної доробки, зберігання, обрушування, холодного пресування, переробки макухи та використання лушпиння в межах єдиного виробничого циклу.

Визначено основні технологічні потоки переробки насіння промислових конопель: обрушене ядро, конопляна олія, макуха, сипкі харчові продукти, кормові гранули та паливні брикети з лушпиння. Такий підхід забезпечує не однопродуктову, а комплексну модель переробки, за якої побічні фракції залучаються до подальшого харчового, кормового або енергетичного використання.

Обґрунтовано модульну побудову лінії, що дає змогу адаптувати її до різних виробничих моделей. Для господарств із власною сировинною базою доцільним є повний цикл, який включає післязбиральну доробку та зберігання насіння. Для підприємств, що працюють із підготовленою сировиною, схема може бути скорочена до основних модулів обрушування, холодного пресування, переробки макухи, використання лушпиння та фасування готової продукції.

Практичне значення запропонованої схеми полягає у підвищенні рівня використання сировинного потенціалу насіння промислових конопель, зменшенні

кількості невикористаних побічних фракцій і формуванні кількох видів продукції з доданою вартістю. Подальші дослідження доцільно спрямувати на визначення раціональної продуктивності окремих модулів, розрахунок матеріального балансу лінії, оцінювання енергетичних витрат та економічної ефективності впровадження схеми в умовах малих і середніх господарств.

Перелік літератури / References

- Allay, A., Ben Moumen, A., Rbah, Y., Fauconnier, M.-L., Nkengurutse, J., Serghini Caid, H., Elamrani, A., & Mansouri, F. (2025). Effect of screw pressing temperature on yield, bioactive compounds, and quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. *Journal of Cannabis Research*, 7, Article 37. <https://doi.org/10.1186/s42238-025-00296-6>
- Ambroziak, K., & Wenda-Piesik, A. (2025). Comparative characterization of hemp seed cakes from dehulled and hulled *Cannabis sativa* L. var. *oleifera* cv. 'Henola': Nutritional, functional, and storage stability insights. *Foods*, 14(9), Article 1605. <https://doi.org/10.3390/foods14091605>
- Baldino, N., Carnevale, I., Mileti, O., Aiello, D., Lupi, F. R., Napoli, A., & Gabriele, D. (2022). Hemp seed oil extraction and stable emulsion formulation with hemp protein isolates. *Applied Sciences*, 12(23), Article 11921. <https://doi.org/10.3390/app122311921>
- Capcanari, T., Covaliov, E., & Negoita, C. (2025). Harnessing hemp (*Cannabis sativa* L.) seed cake proteins: From concentrate production to enhanced choux pastry quality. *Foods*, 14(4), Article 567. <https://doi.org/10.3390/foods14040567>
- Cakaloglu, B., Цзыурт, V. H., & Ötleş, S. (2018). Cold press in oil extraction: A review. *Ukrainian Food Journal*, 7(4), 640-654. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2018-7-4-9>
- Farinon, B., Molinari, R., Costantini, L., & Merendino, N. (2020). The seed of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional quality and potential functionality for human health and nutrition. *Nutrients*, 12(7), Article

1935. <https://doi.org/10.3390/nu12071935>

Grahovac, N., Aleksić, M., Trajkovska, B., Marjanović Jeromela, A., & Nakov, G. (2025). Extraction and valorization of oilseed cakes for value-added food components: A review for a sustainable foodstuff production in a case process approach. *Foods*, 14(13), Article 2244. <https://doi.org/10.3390/foods14132244>

Kolianovska, L. (2023). Technological schemes of oilseeds processing. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 1(25-01), 92-108. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2023-25-01-011>

Kraszkiewicz, A., Kachel, M., Parafiniuk, S., Zając, G., Niedziylka, I., & Sprawka, M. (2019). Assessment of the possibility of using hemp biomass (*Cannabis sativa* L.) for energy purposes: A case study. *Applied Sciences*, 9(20), Article 4437. <https://doi.org/10.3390/app9204437>

Kurki, A., Bachmann, J., & Hill, H. (2008). Oilseed processing for small-scale producers. *ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service*. <https://attra.ncat.org/publication/oilseed-processing-for-small-scale-producers/>

Mendoza-Pérez, R. J., Nõthia-Neves, G., Blanco, B., Vela, A. J., Caballero, P. A., & Ronda, F. (2024). Physicochemical characterisation of seeds, oil and defatted cake of three hempseed varieties cultivated in Spain. *Foods*, 13(4), Article 531. <https://doi.org/10.3390/foods13040531>

Oseyko, M., Sova, N., & Chornei, K. (2021). Substantiation of hemp seeds storage and processing technologies for functional, dietary and specialty products: Review. *Ukrainian Food Journal*, 10(3), 427-458. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2021-10-3-3>

Ramos-Sanchez, R., Hayward, N. J., Henderson, D., Duncan, G. J., Russell, W. R., Duncan, S. H., & Neacsu, M. (2025). Hemp seed-based foods and processing by-products are sustainable rich sources of nutrients and plant metabolites supporting dietary biodiversity, health, and nutritional needs. *Foods*, 14(5), Article 875. <https://doi.org/10.3390/foods14050875>

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>

Shen, P., Gao, Z., Xu, M., Ohm, J.-B., Rao, J., & Chen, B. (2020). The impact of hempseed dehulling on chemical composition, structure properties and aromatic profile of hemp protein isolate. *Food Hydrocolloids*, 106, Article 105889. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105889>

Tanase Apetroaei, V., Pricop, E. M., strati, D. I., & Vizireanu, C. (2024). Hemp seeds (*Cannabis sativa* L.) as a valuable source of natural ingredients for functional foods: A review. *Molecules*, 29(9), Article 2097. <https://doi.org/10.3390/molecules29092097>

Yano, H., & Fu, W. (2023). Hemp: A sustainable plant with high industrial value in food processing. *Foods*, 12(3), Article 651. <https://doi.org/10.3390/foods12030651>

Надійшла до редакції 02.02.2026 р.;
переглянуто 09.02.2026 р.;
прийнято до друку 09.03.2026 р.;
опубліковано 29.06.2026 р.

Received 02/02/2026;
revised 02/09/2026;
accepted 03/09/2026;
published 06/29/2026

UDC 633.522: 664.6/.7

HARDWARE AND PROCESS FLOW SCHEME FOR INTEGRATED PROCESSING OF INDUSTRIAL HEMP SEEDS IN SMALL AND MEDIUM-SIZED FARMS

Sheichenko V., Doctor of Technical Sciences, Professor

<http://orcid.org/0000-0003-2751-6181>, e-mail: vsheychenko@ukr.net,

Poltava State Agrarian University

Petrachenko D., PhD,

<https://orcid.org/0000-0002-1347-9562>

Separate Structural Unit of the Hlukhiv Agrotechnical Vocational College of Sumy National Agrarian University

Sheichenko D., Applicant,

<https://orcid.org/0009-0002-0427-479X>

Poltava State Agrarian University

Shevchuk V., PhD, docent

<http://orcid.org/0000-0001-8305-4714>

Shevchuk M., Doctor of Philosophy, docent,

<http://orcid.org/0000-0002-0123-0348>

Uman National University

Summary

The article considers a hardware and process flow scheme for integrated processing of industrial hemp seeds, designed for small and medium-sized farms operating under the from field to finished product principle.

The study aims to justify the structure of technological streams and the composition of the main equipment for obtaining shelled hemp kernel and hemp oil with maximum involvement of by-product fractions in food, feed, and energy uses.

The research methods include analysis and synthesis of scientific publications on oilseed processing, systematization of practical experience in operating small-capacity processing lines, structural and logical modelling of technological schemes, and engineering justification of the operation of individual units.

Results. As a result, the sequence of post-harvest handling and seed conditioning operations has been defined, and two basic processing directions have been described: obtaining shelled kernels in a centrifugal sheller with subsequent air-sieve separation, and cold pressing of seeds in a screw press. Two alternative pathways for oilseed cake utilization (production of loose food ingredients and feed pellets) and an energy module for hull briquetting are also described.

Conclusions. The proposed hardware and technological scheme for the integrated processing of hemp seeds allows for flexible adjustment of the production line configuration depending on the raw material base and market demand, ensures comprehensive utilization of raw materials and waste reduction, and creates the conditions for improving the economic resilience and environmental efficiency of industrial hemp seed processing in the farming sector.

Keywords: industrial hemp; hemp seeds; hardware and process flow scheme; shelled hemp kernel; cold pressing of oil; oilseed cake; hemp hulls.