УДК 631.362:66.061.34:665.3 DOI: 10.36710/IOC-2025-39-17

# ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕРОБКИ НІШЕВИХ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

**Е. Б. Алієв**

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

**Актуальність обґрунтування складу техніко-технологічного забезпечення переробки нішевих олійних культур полягає у необхідності забезпечити ефективне використання їх біохімічного потенціалу, зокрема отримання олії з високим вмістом корисних жирних кислот та функціональних компонентів, розробити технологічні рішення, що враховують специфіку таких культур, зокрема структуру насіння, об'єм оболонки, присутність інших компонентів, чутливість до температури та вологості, створити універсальні або адаптивні технологічні схеми та обладнання, здатні переробляти різні нішеві культури з мінімальними втратами та максимальним збереженням якості, а також забезпечити екологічну та економічну доцільність процесу, включно з використанням побічних продуктів, ресурсозбереженням і скороченням енерговитрат. Проведене дослідження дозволило обґрунтувати склад техніко-технологічного забезпечення переробки насіння нішевих олійних культур, зокрема сафлору, кунжуту, гірчиці білої, гірчиці сизої, ріпаку, рижію, сої та рицини. Аналіз літературних джерел, патентних матеріалів і технологічних схем показав, що найбільш ефективним напрямом розвитку є поєднання механічних методів, холодного й гарячого пресування, та хімічних методів екстракційного видобування олії з подальшою фізичною рафінацією, що забезпечує високу якість кінцевого продукту при мінімальних екологічних ризиках.**

***Ключові слова:*** нішеві олійні культури, переробка насіння, техніко-технологічне забезпечення, олія, макуха, шрот, холодне та гаряче пресування, екстракційні методи, рафінація, побічні продукти.

***Вступ***. Олійні культури є важливою складовою агропромислового комплексу, забезпечуючи сировину для виробництва харчових та технічних олій, кормів, біопалива, косметичних і фармацевтичних продуктів. В Україні головні олійні культури (наприклад, соняшник, ріпак, соя) вже давно освоєні й мають розвинену інфраструктуру переробки (Teslyuk et al. 2025; Khalatur et al. 2025). Але зростає інтерес до нішевих (малопоширених) олійних культур – таких як сафлор, кунжут, льон-олійний, мак, рижій та ін. (Khalatur et al. 2025; Antonyuk et al. 2018; Chekhova. 2022), які мають потенціал у забезпеченні продовольчої безпеки, диверсифікації виробництва, розвитку географічних зон, де основні культури менш ефективні.

Переваги нішевих олійних культур включають:

– адаптивність до різних кліматичних і ґрунтових умов, менш вимогливі до ресурсів чи стійкі до посухи (Hamayunova et al. 2025; Vozniuk et al. 2023);

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

*Corresponding author

– високу біохімічну цінність олії, зокрема незамінних жирних кислот, стеролів, фітостеринів та інших функціональних компонентів (Suárez et al. 2021; Morya et al. 2022);

– можливість комплексного використання відходів: макухи, шротів, оболонок, що підвищує економічну ефективність і сприяє сталому розвитку (Chekhova 2023; Zio et al. 2025).

Проте існує значна науково-технологічна прогалина в систематичному опрацюванні техніко-технологічного забезпечення виробництва з нішевих олійних культур: від сировини до готової продукції. Це стосується розробки та оптимізації обладнання для підготовки насіння (сушіння, очищення, кондиціювання), операцій із обрушування чи руйнування оболонок, виділення ядра, методів екстракції чи пресування, а також утилізації побічних продуктів (Cravotto et al. 2023; Rani et al. 2021).

Таким чином, актуальність обґрунтування складу техніко-технологічного забезпечення для переробки нішевих олійних культур полягає в потребі (Aliev et al. 2022):

– забезпечити ефективне використання їх біохімічного потенціалу: олії з високим вмістом корисних жирних кислот, функціональних компонентів;

– розробити технологічні рішення, які враховують особливості таких культур (структура насіння, об’єм оболонки, присутність інших компонентів, чутливість до температури та вологості);

– побудувати універсальні або адаптивні технологічні схеми та обладнання, яке дозволить переробляти різні нішеві культури із мінімальними втратами та максимальним збереженням якості;

– забезпечити екологічну й економічну доцільність, включно з використанням побічних продуктів, ресурсозбереженням та скороченням енерговитрат.

Метою дослідження є обґрунтування складу техніко-технологічного забезпечення переробки нішевих олійних культур, тобто визначення комплексу технологічних операцій, обладнання та режимів, що забезпечать отримання високоякісної олії та побічних продуктів (кормових чи інших) з урахуванням принципів сталості та ефективності.

***Матеріали і методи досліджень.*** У дослідженнях як об’єкти вивчення використовувалися насіння нішевих олійних культур: сафлору (*Carthamus tinctorius L.*), кунжуту (*Sesamum indicum L.*), гірчиці білої (*Sinapis alba L.*), гірчиці сизої (*Brassica juncea L.*), ріпаку (*Brassica napus L.*), рижію (*Camelina sativa L.*), сої (*Glycine max L.*). Вибір культур зумовлений їх перспективністю для розширення олійно-жирової сировинної бази України, а також особливостями біохімічного складу, що визначає харчову, кормову та технічну цінність продуктів їх переробки (Shevchenko et al. 2017).

Методика досліджень ґрунтувалася на аналізі та узагальненні сучасних наукових публікацій, статистичних даних і патентних матеріалів, що висвітлюють біохімічний склад насіння, технології його переробки та напрями використання олії й макухи (шроту).

Особливу увагу приділено критичному аналізу технологій переробки насіння нішевих культур, які у подальших результатах наведені у вигляді блок-схем виробничих процесів з деталізацією стадій підготовки, пресування, екстракції, очищення та рафінації олії, а також утилізації побічних продуктів.

© Е. Б. Алієв

Крім того, систематизовано інформацію про типове та спеціалізоване обладнання, яке використовується на різних етапах виробництва.

***Результати досліджень та їхнє обговорення.*** Способи видобування рослинної олії поділяються на механічні, хімічні та комбіновані методи.

Механічні методи ґрунтуються на пресуванні насіння чи плодів без використання хімічних розчинників. До них належить холодне механічне видобування, при якому насіння або плоди подрібнюють і віджимають при низькій температурі (зазвичай менше 50°C). Такий спосіб дозволяє зберегти всі природні корисні речовини, вітаміни та аромат, але вихід олії при цьому нижчий, що робить продукт дорожчим. Використовується, наприклад, для виробництва олії льону, кунжуту або чорнушки дамаської (кмину). Гаряче механічне видобування передбачає нагрівання насіння до високої температури (80–120°C) перед пресуванням, що підвищує вихід олії на 10–15% у порівнянні з холодним, але частково знижує вміст вітамінів і ароматичних речовин; застосовується для соняшникової, рицинової та соєвої олії. Двоступеневе механічне видобування передбачає спершу гаряче вилучення для отримання основної кількості олії, а потім додатковий стиск для шроту, що дозволяє максимально використати сировину.

Хімічні методи базуються на застосуванні розчинників для вилучення олії із сировини. Найпоширенішим промисловим методом є екстракція розчинником, найчастіше гексаном, який розчиняє жир. Такий метод забезпечує високий вихід олії (95–99%), але потребує додаткового очищення та видалення розчинника, а також забезпечення заходів безпеки та екологічної безпеки. Суперкритична екстракція передбачає використання вуглекислого газу у супер критичному стані під високим тиском і температурою, що дозволяє отримати чисту олію без залишку розчинника з максимальним збереженням корисних компонентів, але потребує дорогого обладнання.

Комбіновані методи поєднують механічний і хімічний підходи. Наприклад, спершу застосовується гаряче механічне видобування, а залишки шроту потім екстрагують розчинником для максимального виходу олії у промислових масштабах. Крім того, існують спеціальні технології, такі як ферментаційне видобування, яке передбачає біохімічне розкладання клітинної оболонки насіння мікроорганізмами для вивільнення масла; ультразвукова екстракція, що використовує ультразвукові хвилі для підвищення ефективності розчинника; а також мембранна та вакуумна обробка, що дозволяє очистити олію та зберегти її корисні властивості. Таким чином, вибір методу видобування олії залежить від виду сировини, необхідного виходу продукту та вимог до якості олії.

Розглянемо більш детально технології і обладнання холодного і гарячого механічного видобування олії та екстракції її розчинником.

Механізована технологія видобування олії з насіння сафлору наведена на рис. 1. Технологічний процес переробки насіння сафлору на олію складається з послідовності операцій, спрямованих на отримання рафінованої олії та побічних продуктів – макухи, фузи, кормів і біопалива. Спершу насіння надходить на очищення від домішок – пилу, лушпиння, уламків стебел та насіння бур’янів – за допомогою ситових і повітряних сепараторів. Вилучені домішки становлять у середньому 1,5–2,0% від загальної маси сировини та утилізуються або використовуються як допоміжна сировина (наприклад, як паливні брикети).

© Е. Б. Алієв

Після очищення насіння подається на перше пресування на шнековому або гідравлічному пресі. На цьому етапі вилучається до 60–65% від загального вмісту олії у насінні. Утворена макуха містить 8–10% залишкового жиру і підлягає подальшій обробці. Для підвищення виходу олії макуху подрібнюють і піддають повторному пресуванню, у результаті якого додатково вилучається ще 25–30% жиру. Після другого пресування залишається макуха із залишковим вмістом жиру не більше 5–6%, яка використовується як високобілковий кормовий компонент (вміст білка – до 35–38%). Сира олія проходить механічне очищення від твердих частинок і води шляхом відстоювання, фільтрації або центрифугування. На цій стадії утворюється фуза – суміш води, білкових залишків, фосфатидів і твердих частинок, кількість якої становить 1,0–1,5% від маси сирої олії. Вона може використовуватись для виробництва технічних жирів або кормових добавок. Після очищення олія надходить на рафінацію, що включає етапи гідратації, нейтралізації, відбілювання та дезодорації. У процесі цих операцій видаляються вільні жирні кислоти, фосфатиди, барвники та леткі сполуки. Вихід рафінованої сафлорової олії становить у середньому 92–94% від маси сирої олії. Отриманий продукт має світло-золотистий колір, кислотне число не вище 0,1 мг KOH/г, і придатний для харчового, фармацевтичного та косметичного використання. Побічні продукти, що утворюються під час фільтрації та рафінації (фуза, макуха, осад від відбілювання), спрямовуються на виробництво кормів або біопалива. Вихід побічних матеріалів становить близько 5–8% від початкової маси насіння.

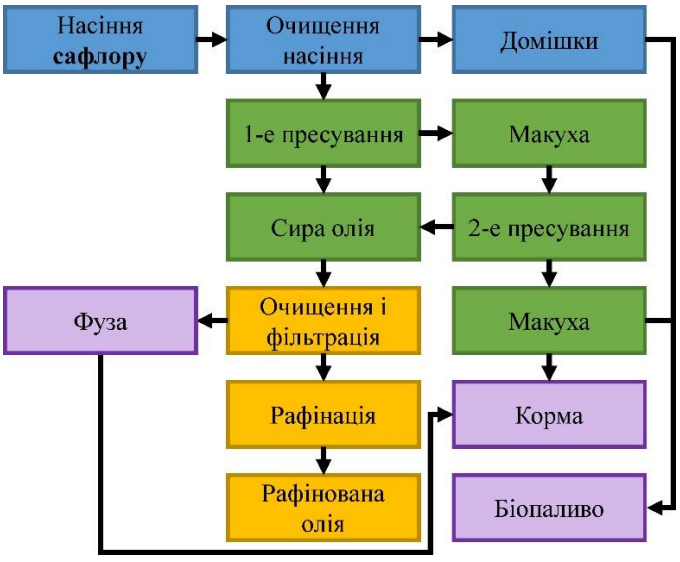



Рис. 1. **Механізована технологія видобування олії з насіння сафлору**

Механізована технологія видобування олії з насіння кунжуту наведена на рис. 2. На відміну від процесу отримання сафлорової олії, переробка кунжуту включає кілька етапів термічної обробки та до трьох послідовних пресувань, що зумовлено підвищеною в’язкістю кунжутової олії та необхідністю максимального вилучення жиру. На початковій стадії насіння очищується від домішок (1–2% від маси партії) за допомогою ситових і повітряних сепараторів.

© Е. Б. Алієв

Очищене насіння подається у паровий котел, де проводиться термообробка при 100–110°C, що забезпечує розм'якшення оболонки й зменшення в'язкості олії. Під час першого пресування (при тиску 20–25 МПа) отримують близько 65–70% загального виходу олії, а макуху з залишковим вмістом жиру 10–12%. Після повторного підігріву її направляють на друге пресування, що дає ще 20–25% олії, і за потреби – третє, яке забезпечує додатково 5 %. Сумарний вихід кунжутової олії становить 42–45 % від маси насіння, а залишкова макуха (≈50 %) використовується у виробництві комбікормів або брикетованого біопалива. Сира олія після механічного відділення твердої фази проходить фільтрацію (видаляється ≈1 % фузи) і рафінацію, що включає гідратацію, нейтралізацію, відбілювання та дезодорацію. У результаті отримують рафіновану кунжутову олію світло-золотистого кольору, із кислотним числом не вище 0,2 мг KOH/г і вмістом вологи менше 0,1 %. Побічні продукти (фуза та макуха) ефективно утилізуються: фуза використовується у виробництві технічних жирів, а макуха – у кормах або як біопаливо.

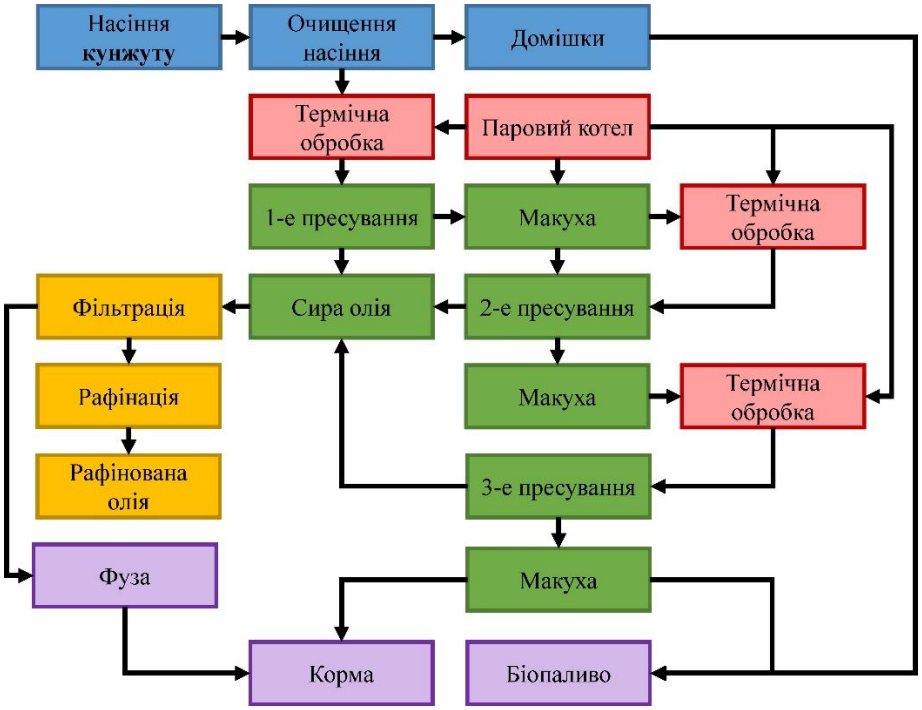



Рис. 2. **Механізована технологія видобування олії з насіння кунжуту**

Механізована технологія видобування олії з насіння гірчиці, ріпаку та рижію наведена на рис. 3. Порівняно з процесами отримання сафлорової чи кунжутової олії, ця схема має особливості, зумовлені високим вмістом ефірних олій (до 1,2%), білків (до 28%) і глюкозинолатів (0,5–1,5%). Після очищення насіння від домішок (1–2% маси партії) сировина подається на багатоступеневе пресування – до 4 циклів із поступовим підвищенням тиску до 25–30 МПа. Термічна обробка перед пресуванням, як правило, не застосовується, щоб зберегти ароматичні сполуки та уникнути втрат ефірних олій. На першій стадії

© Е. Б. Алієв

вилучається близько 60% загальної кількості олії, на другій — ще 25%, на третій і четвертій – по 7–8%, що забезпечує загальний вихід 38–42% від маси насіння. Залишкова макуха з вмістом жиру 6–8% характеризується високою білковістю (до 35%) і використовується у виробництві кормів або паливних гранул. Сира олія після відділення від твердої фази проходить фільтрацію (видаляється 0,5–1% фузи) і рафінацію, яка включає нейтралізацію (при 70–80°C) та дезодорацію (при 180–200°C). Це необхідно для усунення гіркоти та різкого запаху, властивих гірчичній і ріпаковій олії. Отримана рафінована олія має кислотне число ≤ 0,3 мг KOH/г і вологість ≤ 0,1%. Побічні продукти – фуза і макуха – ефективно використовуються у виробництві біопалива та комбікормів, забезпечуючи безвідходність технології.

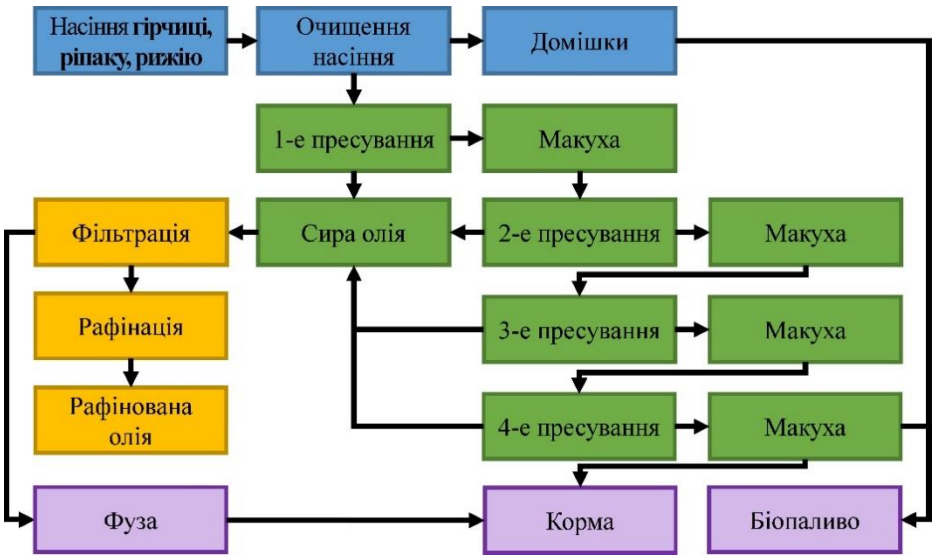



Рис. 3. **Механізована технологія видобування олії з насіння гірчиці, ріпаку, рижію**

Механізована технологія видобування олії з насіння сої наведена на рис. 4. Через високий вміст білків (35–40%) і відносно низький вміст жиру (18–22%) процес переробки сої має специфічні особливості. Після очищення насіння від домішок (1–1,5% маси) здійснюється розлущування на вальцьових або щіткових машинах, у результаті чого утворюється лузга (10–12% від маси насіння), яка використовується для виробництва біопалива або як наповнювач у комбікормах. Очищене ядро подається на пресування при 100–120 °C і тиску 20–25 МПа, де отримують сиру соєву олію (вихід 17–20%) і макуху з вмістом жиру 6–7%. Сира олія проходить фільтрацію, під час якої вилучається 0,5–1% фузи, що містить фосфатиди та білкові залишки. Далі відбувається рафінація, яка включає гідратацію (при 70–75°C), нейтралізацію (при 85–90°C), відбілювання й дезодорацію (до 200°C). Отримана рафінована соєва олія має кислотне число ≤ 0,3 мг KOH/г і волого-жировий баланс, що відповідає харчовим стандартам. Макуха після пресування подрібнюється, охолоджується до 35–40°C і використовується у виробництві високобілкових кормів (з вмістом білка 44–46%).

Механізована технологія видобування олії з насіння рицини наведена на рис. 5. Процес переробки рицинового насіння має низку особливостей, що відрізняють його від технології отримання олії з інших олійних культур. Це

© Е. Б. Алієв

зумовлено високою в'язкістю рицинової олії, наявністю токсичного білка – рициніну, та потребою у попередній термічній обробці сировини для його знешкодження. Після очищення насіння від механічних домішок (пилу, лушпиння, камінців, органічних залишків) на ситових і повітряно-решітних машинах виділені домішки можуть використовуватись як сировина для біопалива або технічних цілей.

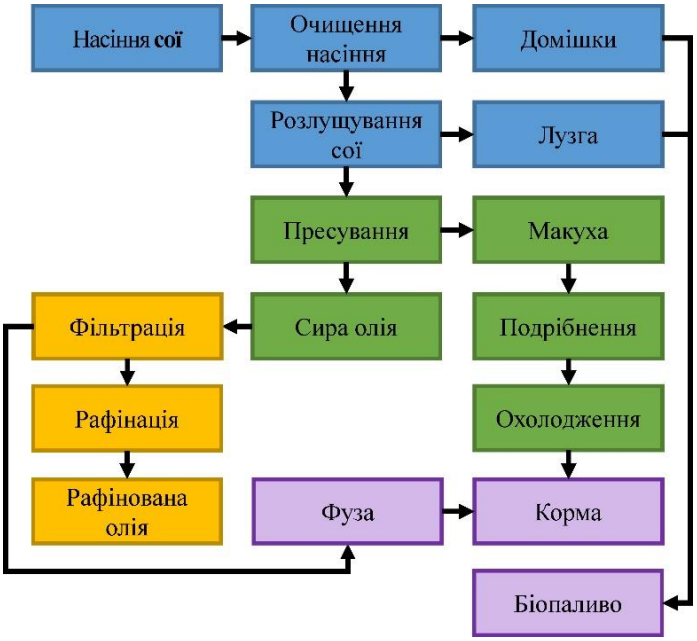



Рис. 4. **Механізована технологія видобування олії з насіння сої**

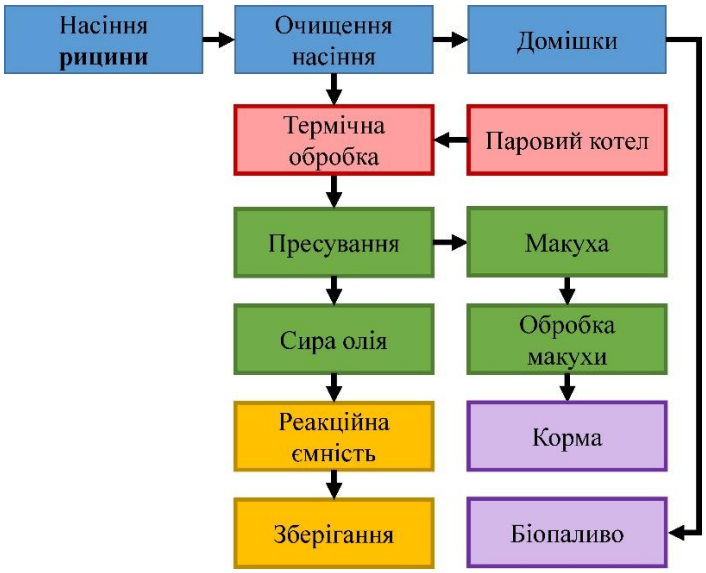



Рис. 5. **Механізована технологія видобування олії з насіння рицини**

© Е. Б. Алієв

Очищене насіння подається у паровий котел для термічної обробки при температурі 120–140°C. Такий режим забезпечує руйнування токсичних речовин, зниження в'язкості олії та підвищення виходу при подальшому віджиманні. Далі насіння надходить на пресування у шнековий або гідравлічних пресах при тиску 40–60 МПа. У результаті отримують сиру рицинову олію з виходом 38–42% від маси насіння та макуху, яка містить до 10% залишкового жиру. Макуха після охолодження та подрібнення надходить на спеціальну лінію знешкодження токсичних білків – термічну або хімічну обробку, після чого може бути використана у виробництві кормових добавок або як паливна сировина. Сира олія направляється у реакційну ємність, де відбувається її відстоювання, гідратація та видалення фосфатидів і механічних домішок. Після цього олія перекачується до резервуарів зберігання при температурі до 25°C, захищених від прямих сонячних променів, що запобігає полімеризації рицинолевої кислоти.

Екстракційна технологія отримання рослинних олій із використанням органічних розчинників є сучасним високоефективним методом, що забезпечує вилучення до 98–99% жирових компонентів із насіння або макухи, залишковий вміст жиру у шроті становить 0,5–1,0%. Як основний розчинник застосовується гексан ($C_6H_{14}$) із температурою кипіння 63–69°C, витрата якого становить 0,25–0,35 кг на 1 кг олії, при цьому втрати розчинника не перевищують 0,2–0,3 кг/т сировини завдяки замкненій системі рекуперації.

Перед подачею в екстрактор насіння або пресова макуха проходять підготовку — подрібнення до частинок 0,3–0,5 мм, теплову обробку при 90–105°C або екструдування при 120–130°C, що підвищує проникність клітин і прискорює розчинення олії.

Процес включає п'ять основних стадій (рис. 5).

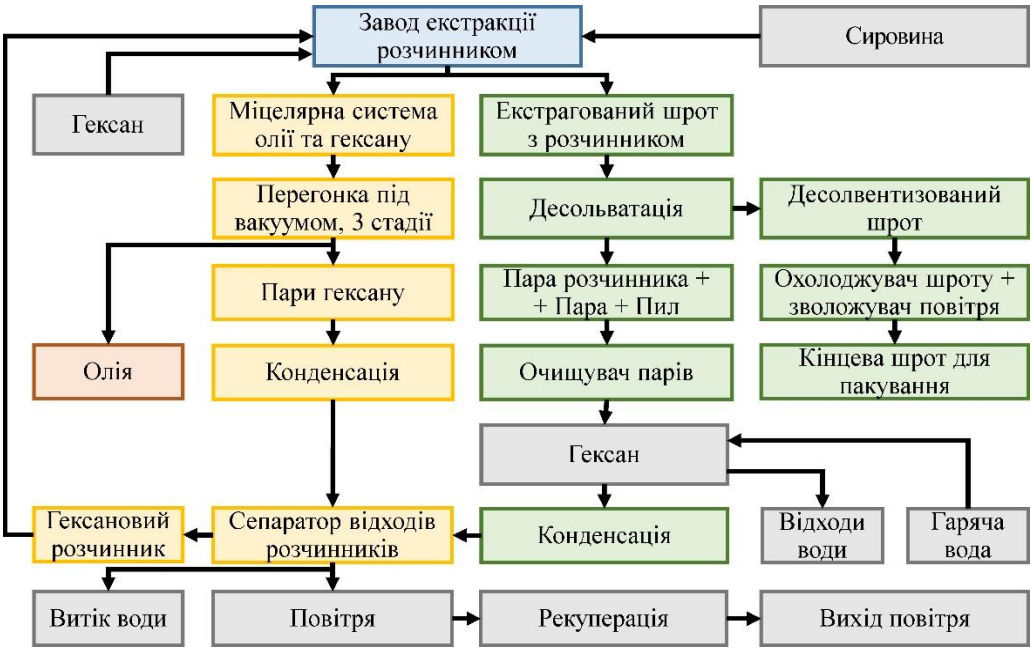



Рис. 5. **Екстракційна технологія отримання рослинних олій із використанням органічних розчинників**

© Е. Б. Алієв

1. Екстракція. Сировина подається у екстрактор із глибоким рухомим ложем, де гексан протитоком проходить крізь шар товщиною 250–350 мм при температурі 55–65°C. Утворюється місцела (30–35% олії, решта – гексан), а знежирений матеріал спрямовується у десольвентизатор.

2. Десольвентація шроту. Відбувається при 105–115°C, у процесі якої залишки гексану видаляються до < 0,05%, руйнуються ферменти, а вологість шроту регулюється до 10–12%. Отриманий продукт – високобілковий шрот (40–45% білка) – надходить у комбікормове виробництво.

3. Перегонка (дистиляція місцели). Місцела випаровується у двоступеневих випарниках під вакуумом 70–90 кПа, при температурі 70–90 °C. У результаті утворюється гексанова пара, яка повертається на конденсацію, а очищена олія з вологістю < 0,1% і температурою 50–60°C подається на зберігання.

4. Рекуперація розчинника. Пари гексану конденсуються у теплообмінниках, де ефективність рекуперації сягає 97–98%, після чого очищений гексан повторно використовується.

5. Очищення повітряних викидів. Пари гексану з абсорбційної колони (температура 25–30°C) уловлюються абсорбційною олією, потім через десорбційний апарат при 120°C розчинник повертається у цикл.

Така багатоступенева система забезпечує високу ефективність процесу, низьке енергоспоживання завдяки рекуперації тепла та екологічну безпеку через мінімізацію викидів у атмосферу. Крім основного продукту – високоякісної рослинної олії, – технологія дозволяє отримати цінний високобілковий шрот, що широко застосовується у птахівництві, рибництві та тваринництві, роблячи екстракційні установки ключовим елементом сучасного олієпереробного комплексу.

Фізична рафінація олії відбувається за технологічною схемою, яка наведена на рис. 6.

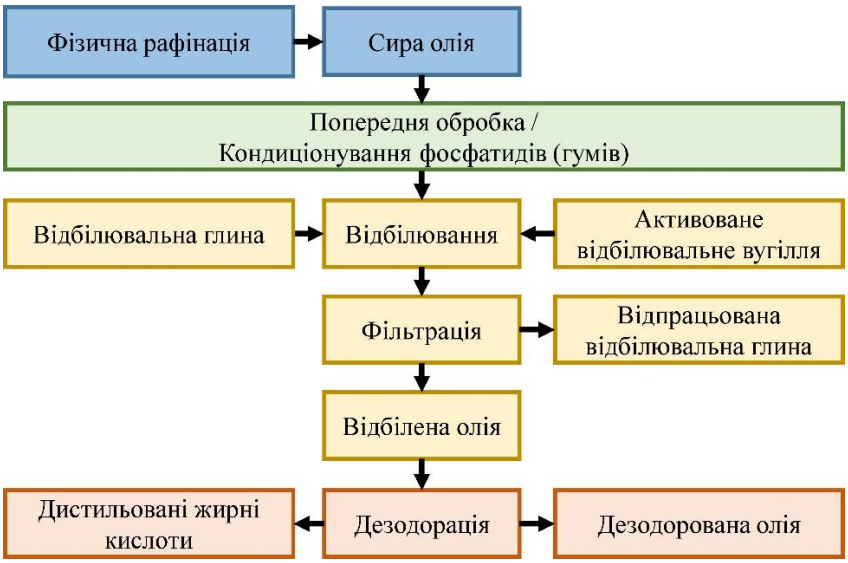



Рис. 6. **Технологічна схема фізичної рафінації олії**

© Е. Б. Алієв

Фізична рафінація рослинних олій – це високоефективний процес очищення, який поєднує термічні, вакуумні та сорбційні методи для видалення з олії небажаних домішок – фосфатидів, вільних жирних кислот, барвників, восків, летких сполук та інших компонентів, що погіршують якість кінцевого продукту. На відміну від хімічної рафінації, фізична не передбачає використання лугів чи кислот для нейтралізації жирних кислот, що мінімізує втрати олії та утворення стічних вод, роблячи технологію більш екологічною та економічно вигідною.

Процес складається з чотирьох основних стадій: гідратації (дегумінгу), відбілювання, дезодорації та, за потреби, видалення восків (воскової фільтрації).

1. Гідратація (дегумінг). На цій стадії видаляються фосфатиди (гумові речовини), які при зберіганні спричиняють помутніння олії та погіршують її стабільність. Сира олія нагрівається до 70–90°C, після чого до неї додається 2–3% гарячої води або 0,1–0,3% розчину лимонної кислоти, що сприяє гідратації фосфатидів. У результаті утворюються гідратовані згустки, які відокремлюються центрифугуванням. Кількість вилучених фосфатидів становить близько 0,3–0,5% маси олії.

2. Відбілювання. Метою цього етапу є видалення барвників (каротиноїдів, хлорофілів), металів, залишків мила та продуктів окиснення. Олію підігрівають до 90–110°C і змішують із сорбентом – активованою глиною (0,5–2%) або активованим вугіллям (0,05–0,2%). Процес відбувається у вакуумному реакторі, що запобігає окисненню. Після витримки відбілювальну суміш фільтрують через напірний фільтр або фільтр-прес, отримуючи відбілену олію, а відпрацьована глина (спент-беліт) утилізується або використовується як паливо.

3. Дезодорація. Це ключовий етап фізичної рафінації, під час якого видаляються леткі сполуки, що зумовлюють запах і смак олії, а також вільні жирні кислоти. Відбілена олія подається в дезодораційну колону, де під дією перегрітої пари (180–240°C) і глибокого вакууму здійснюється парова дистиляція. Процес триває 2–4 год, унаслідок чого вміст вільних жирних кислот зменшується до 0,05 %, а загальна кислотність – до 0,1 мг КОН/г. Пари жирних кислот і ароматичних речовин конденсуються в окремій системі, утворюючи дистильовані жирні кислоти, які можуть бути використані для технічних або косметичних цілей.

4. Видалення восків. Якщо олія містить воски, її охолоджують до 10–15°C, що спричиняє кристалізацію восків. Потім їх видаляють фільтрацією на пластинчастому або мембранному фільтрі. Вміст залишкових восків після операції не перевищує 0,05%.

Після завершення процесу отримується рафінована дезодорована олія з високою прозорістю, стабільністю до окиснення, нейтральним смаком і запахом. Вихід кінцевого продукту зазвичай становить 98–99% від маси сирої олії, а втрати під час усіх стадій не перевищують 1,0–1,5%.

Хімічна рафінація олії відбувається за технологічною схемою, яка наведена на рис. 7.

Хімічна рафінація рослинних олій — це комплексна технологічна схема, спрямована на видалення з сирої олії фосфатидів, вільних жирних кислот, барвників, восків та летких сполук, що погіршують її якість, смак і запах.

На першому етапі – дегумування – сира олія з вмістом фосфору обробляється гарячою водою при температурі 70–80 °C. У результаті відбувається гідратація фосфатидів, які випадають у вигляді слизистих осадів

© Е. Б. Алієв

(гумів). Для підвищення ефективності процесу у воду додають 0,05–0,2 % фосфорної кислоти, що переводить не гідратовані фосфатиди у форму, придатну до осадження. Після цього олію відстоюють або центрифугують, видаляючи гідратовані домішки.

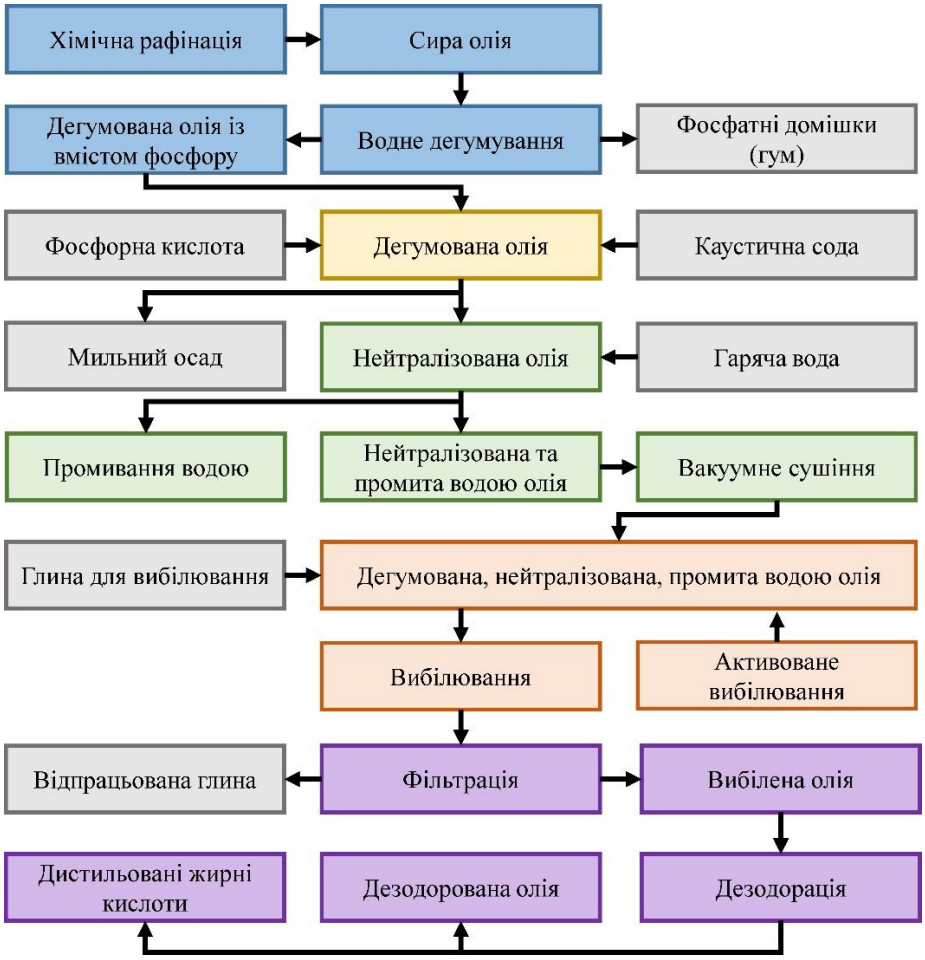



Рис. 7. **Технологічна схема хімічної рафінація олії**

Далі проводять нейтралізацію, під час якої до дегумованої олії подають розчин каустичної соди (NaOH) концентрацією 12–18%. Луг реагує з вільними жирними кислотами, утворюючи мила, які видаляються у вигляді мильного осаду. На цьому етапі з олії також виводяться залишкові фосфатиди, частина пігментів і металевих іонів. Отриману нейтралізовану олію промивають гарячою водою (температура 85–90°C) для видалення залишків мила та лугу. Після промивання олія піддається вакуумному сушінню при температурі 90–95°C, що забезпечує повне видалення вологи.

Наступний етап – вибілювання, під час якого з олії вилучають пігменти, продукти окиснення та залишки металів. Для цього до дегумованої та нейтралізованої олії додають 1–2% вибілювальної землі (бентоніт, цеоліт) та 0,05–0,1% активованого вугілля. Процес ведуть при температурі 90–110°C у

© Е. Б. Алієв

вакуумі, перемішуючи протягом 20–40 хвилин. Після завершення вибілювання олію фільтрують через напірні фільтри, видаляючи відпрацьовану глину.

Останній етап – дезодорація, що полягає у видаленні летких речовин, які надають олії неприємного запаху або присмаку. Дезодорацію проводять у вакуумі при високій температурі 180–240°C, продуваючи олію водяною парою протягом 2–3 годин. У процесі утворюються дистильовані жирні кислоти, які можуть бути використані як вторинна сировина у виробництві мила або косметичних засобів.

У результаті хімічної рафінації отримують дезодоровану, нейтральну та стабільну до зберігання олію, що відповідає вимогам харчової промисловості або технічного призначення. Технологія є ефективною для більшості нішевих культур – сафлору, кунжуту, рицини, гірчиці, рижію, – і дозволяє отримати олію з високими органолептичними показниками при виході готового продукту до 95–97% від початкової маси.

Загальний вигляд обладнання, яке може використовуватись при механічному видобування олії з насіння наведено в табл. 1.

Таблиця 1

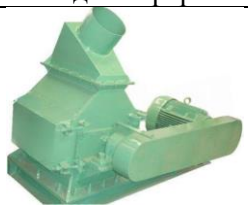
**Перелік і загальний вигляд обладнання, яке використовується при переробці насіння нішевих олійних культур**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Попередня підготовка насіння | | | |
| Віброрешітний сепаратор | Вібропневматичний сепаратор | Трієрний сепаратор | Аеродинамічний сепаратор |
| Обладнання для обрушення і подрібнення насіння | | | |
| Декортикатор | Вальцьовий подрібнювач | Молоткова дробарка | Машина для пластівців |
| Обладнання для механічного відбудування олії | | | |
| Гідравлічний прес | Гвинтовий прес | Прес з обробкою парою | Прес-екструдер |

© Е. Б. Алієв

Таблиця 1

**Перелік і загальний вигляд обладнання, яке використовується при переробці насіння нішевих олійних культур** (продовження)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Обладнання для фільтрації олії | | | |
| Фільтр-прес | Напірний листовий фільтр | Фільтр тонкого очищення | Вібросепаратор |
| Обладнання для переробки макухи та екструдування | | | |
| Охолоджувач макухи |  Подрібнювач макухи | Екструдер | Просіювач макухи |
| Додаткове обладнання | | | |
| Елеватор | Конвеєр | Паровий котел | Панель управління |
| Обладнання для екстракції із використанням органічних розчинників | | | |
| Екстрактор | Система десовентизації | Система дисциляції | Система конденсації |
| Обладнання для рафінації олії | | | |
| Система гідратації та нейтралізації | Система відбілювання олії | Система підкислення та дезодорації олії | Система видалення воску |

© Е. Б. Алієв

На етапі попередньої підготовки насіння застосовується комплекс сепараційного обладнання. Віброрешітний сепаратор забезпечує первинне розділення насіння за розмірами та видалення великих і дрібних домішок за рахунок коливального руху ситових поверхонь. Вібропневматичний сепаратор дозволяє відокремлювати легкі фракції (лушпиння, пил, зіпсовані зерна) завдяки поєднанню вібрації та потоку повітря, що підвищує чистоту насіння до 98–99 %. Трієрний сепаратор використовується для видалення домішок за довжиною (зокрема битих або недорозвинутих насінин), а аеродинамічний сепаратор – для остаточного очищення сировини за густиною та формою насінини, що є особливо важливим для дрібнонасінних культур (гірчиця та рижій).

На стадії обрушення та подрібнення насіння застосовуються декортикатори, що забезпечують відокремлення оболонки від ядра, знижуючи вміст клітковини у подальших продуктах. Для подрібнення використовують вальцьові подрібнювачі з регульованим зазором валків, які дозволяють отримати рівномірний гранулометричний склад. При переробці дрібних або твердих насінин ефективною є молоткова дробарка, що забезпечує інтенсивне розмелювання завдяки дії удару. Перед пресуванням подрібнену масу часто перетворюють у тонкі пластівці за допомогою машини для пластівців, що покращує теплопередачу та збільшує вихід олії.

Етап механічного видобування олії здійснюється із застосуванням різних типів пресів. Гідравлічний прес забезпечує високий тиск при низькій швидкості, що дає змогу отримати олію з мінімальним вмістом фосфатидів, однак має нижчу продуктивність. Гвинтові преси (шнекові) є універсальними, придатними для більшості нішевих культур, та дозволяють досягати виходу олії 30–45 %. Для підвищення екстракції жиру з твердих насінин застосовують преси з паровою обробкою, у яких сировина перед віджиманням нагрівається до 100–120 °C, що знижує в’язкість олії та полегшує її відділення. Прес-екструдери поєднують термічну та механічну дію, забезпечуючи високий ступінь вилучення олії при одночасній інактивації ферментів.

Фільтрація олії є необхідною для видалення механічних домішок, білкових коагулятів та фузів. Для цього застосовують фільтр-преси із фільтрувальними плитами, напірні листові фільтри для безперервної роботи та фільтри тонкого очищення. Додатково використовуються вібросепаратори, які прискорюють осадження завислих часток за рахунок високочастотних коливань.

Після пресування побічний продукт – макуха – піддається подальшій переробці. Для стабілізації температури застосовується охолоджувач макухи, що запобігає денатурації білків. Далі вона подрібнюється у подрібнювачі макухи до стану гранул або порошку, що полегшує подальше використання у виробництві кормів. Екструдери забезпечують термомеханічну обробку, підвищуючи засвоюваність білка та дезактивуючи антипоживні речовини. Для сортування за фракціями використовується просіювач макухи, який видаляє пилові частки.

У допоміжну групу входить транспортне й енергетичне обладнання: елеватори і конвеєри забезпечують безперервне транспортування сировини та продуктів, парові котли використовуються для підігріву насіння перед пресуванням та забезпечення технологічних потреб у парі, а панелі управління – для автоматизованого контролю параметрів процесу.

Для екстракції олії із шроту або макухи застосовують екстрактори, у яких відбувається вимивання залишкової олії органічним розчинником (гексаном,

© Е. Б. Алієв

етанолом тощо). Далі розчинник видаляється у системі десовентизації, а в системі дистиляції проводиться рекуперація олії. Пари конденсуються в системі конденсації та повертаються в цикл, що робить процес екологічно та економічно ефективним.

Фінальна стадія – рафінація олії – включає кілька етапів очищення. У системі гідратації та нейтралізації видаляються фосфатиди, білки та вільні жирні кислоти; у системі відбілювання олія освітлюється за допомогою адсорбентів (бентонітів, активних глин); у системі підкислення та дезодорації видаляються леткі сполуки, що формують запах; а система видалення воску забезпечує стабільність і прозорість готового продукту при зберіганні.

Таким чином, застосування сучасного комплексу механізованого обладнання дозволяє забезпечити високий рівень автоматизації, стабільну якість олії та ефективну переробку насіння нішевих культур, що робить виробництво конкурентоспроможним і енергоощадним.

***Висновки.*** Проведене дослідження дозволило обґрунтувати склад техніко-технологічного забезпечення переробки насіння нішевих олійних культур, зокрема сафлору, кунжуту, гірчиці білої, гірчиці сизої, ріпаку, рижію, сої та рицини. Аналіз літературних джерел, патентних матеріалів і технологічних схем показав, що найбільш ефективним напрямом розвитку є поєднання механічних (холодного й гарячого пресування) та хімічних (екстракційних) методів видобування олії з подальшою фізичною рафінацією, що забезпечує високу якість кінцевого продукту при мінімальних екологічних ризиках.

***References***

Aliev EB, Mykolenko SYu, Sova NA, Aliieva OYu, Malegin RD, Lupko KO, Linko MO, Gez YaV, Bezugla LS (2022) Technical and technological support for waste-free processing of grain raw materials into food products and feed: collective monograph / ed. E. B. Aliyeva. Dnipro: LIRA. 192.

Antonyuk PO, Lysyuk VM (2018) Assessment of the market of oilseeds and their processing products in Ukraine. Economic Innovations. 66: 44–52. URL: https://pdfs.semanticscholar.org/717b/3b2196878e954941fe173f362b9179b82e18.pdf

Chekhova IV (2022) Peculiarities of oilseeds market functioning in Ukraine. Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS. 32: 154–161. DOI: 10.36710/IOC-2022-32-15

Chekhova IV (2023) Bioenergy industry and oil crops. Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS. 34: 156–163. DOI: 10.36710/IOC-2023-34-14

Cravotto C, Claux O, Bartier M, Fabiano-Tixier A-S, Tabasso S (2023) Leading Edge Technologies and Perspectives in Industrial Oilseed Extraction. Molecules. 28(16): 5973. DOI: 10.3390/molecules28165973

Hamayunova V, Khonenko L, Baklanova T (2025) Diversification of oil crops in the southern steppe of ukraine: adaptation to climate changes and environmental conditions. Technology audit and production reserves. 1/3 (81): 69–74. DOI: 10.15587/2706-5448.2025.323953

Khalatur S, Karamushka O (2025) Economic and mathematical model of the market of rare oilseed crops. Grail of Science. (56): 88–96. DOI: 10.36074/grail-of-science.19.09.2025.009

© Е. Б. Алієв

Khalatur SM, Shramko II (2025) The World Market for Oilseed Products – A Model for Post-War Sustainability Support Policy. Investments: Practice and Experience. 18: 59–65. DOI: 10.32702/2306-6814.2025.18.59

Morya S, Menaa F, Jiménez-López C, Lourenço-Lopes C, BinMowyna MN, Alqahtani A (2022) Nutraceutical and Pharmaceutical Behavior of Bioactive Compounds of Miracle Oilseeds: An Overview. Foods. 11(13): 1824. DOI: 10.3390/foods11131824

Rani H, Sharma S, Bala M (2021) Technologies for extraction of oil from oilseeds and other plant sources in retrospect and prospects: A review. Journal of Food Process Engineering. 44 (11): e13851. DOI: 10.1111/jfpe.13851

Shevchenko IA, Lyakh VO, Polyakov OI, Soroka AI, Vedmedeva KV, Zhuravel VM, Makhno YuO, Tovstanovskaya TG, Budilka GI (2017) Flaxseed, mustard. Strategy for the production of oilseeds in Ukraine (uncommon crops): monograph. Institute of Oilseeds of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Zaporizhia: STATUS. 44.

Shevchenko IA, Polyakov OI, Vedmedeva KV, Komarova IB (2017) Red oilseed, safflower, sesame. Strategy for the production of oilseeds in Ukraine (uncommon crops). Institute of Oilseeds of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Zaporizhia: STATUS. 40.

Suárez M, Gual-Grau A, Ávila-Román J, Torres-Fuentes C, Mulero M, Aragonès G, Bravo FI, Muguerza B (2021) Oils and Oilseeds in the Nutraceutical and Functional Food Industries DOI: 10.1002/9781119575313.ch11

Teslyuk YV, Aliiev EB, Akastolov OV (2025) Marketing analysis of the domestic and world market of processed seeds of rare (niche) oilseeds. Effective Economy, 6 DOI: 10.32702/2307-2105.2025.6.28

Vozniuk N, Skyba V, Likho O, Sobko Z, Klimenko T (2023) Forecasting the adaptability of heat-loving crops to climate change in Ukraine. Scientific Horizons, 26(2). 87-102 DOI: 10.48077/scihor.26(2).2023.87-102

Zio S, Tarnagda B, Sankara S, Tapsoba F, Zongo C, Savadogo A (2025) Nutritional and therapeutic interest of most widely produced and consumed plant oils by human: A review, Applied Food Research, 5 (2), 101093 DOI: 10.1016/j.afres.2025.101093.

# JUSTIFICATION OF THE COMPOSITION OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SUPPORT FOR THE PROCESSING OF NICHE OIL CROPS

**E. B. Aliiev**

*Dnipro State Agrarian and Economic University*

**The relevance of justifying the composition of technical and technological support for the processing of niche oil crops lies in the need to ensure the efficient use of their biochemical potential, in particular obtaining oil with a high content of beneficial fatty acids and functional components, to develop technological solutions that take into account the specifics of such crops, including seed structure, hull volume, presence of other components, and sensitivity to temperature and moisture, to create universal or adaptive technological schemes and equipment capable of processing various niche**

© Е. Б. Алієв

**crops with minimal losses and maximum preservation of quality, as well as to ensure the environmental and economic feasibility of the process, including the use of by-products, resource saving, and reduction of energy consumption. The conducted study allowed for justifying the composition of technical and technological support for processing the seeds of niche oil crops, namely safflower, sesame, white mustard, brown mustard, rapeseed, camelina, soybean, and castor. An analysis of literature sources, patent materials, and technological schemes showed that the most effective development direction is the combination of mechanical methods, cold and hot pressing, and chemical extraction methods, followed by physical refining, which ensures high quality of the final product with minimal environmental risks**.

***Key words:*** niche oil crops, seed processing, technical and technological support, oil, cake, meal, cold and hot pressing, extraction methods, refining, by-products.

© Е. Б. Алієв