

ЦУРКАН ОЛЕГ

Відокремлений структурний підрозділ «Ладизинський фаховий коледж

Вінницького національного аграрного університету»

<https://orcid.org/0000-0002-7218-0026>e-mail: tsurkan_ov76@ukr.net**СПІРІН АНАТОЛІЙ**

Відокремлений структурний підрозділ «Ладизинський фаховий коледж

Вінницького національного аграрного університету»

<https://orcid.org/0000-0002-4642-6205>e-mail: spirinanatoly16@gmail.com**РУТКЕВИЧ ВОЛОДИМИР**

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-6366-7772>e-mail: v_rut@ukr.net**ДІДИК АНДРІЙ**

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-0524-0017>e-mail: anddidyk99@gmail.com

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РЕГЛАМЕНТ РОБОТИ ЛІНІЇ ПО ПЕРЕРОБЦІ ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ

Представлено комплексний аналіз технологічної лінії переробки волоських горіхів та розроблено технологічний регламент її функціонування з урахуванням продуктивності основних машин і послідовності технологічних операцій. Розкрито особливості поетапної обробки сировини - від приймання, первинного очищення й активного вентилявання до мийки, сушіння, калібрування, механічного розколювання та фракціонування ядер волоських горіхів. Обґрунтовано вплив режимних параметрів сушильного обладнання, налаштувань машин для розколу та систем сортування на якість кінцевої продукції та енергетичну ефективність процесу. Встановлено, що узгодження пропускної здатності машин є ключовим чинником забезпечення безперервності та стабільності виробничого процесу.

Запропонована технологічна схема дозволяє мінімізувати втрати цілого ядра, підвищити ступінь очищення продукції та сформувати високоякісні товарні фракції. Визначено перспективні напрями модернізації лінії, зокрема впровадження цифрових систем моніторингу та керування, енергоощадних сушильних технологій, удосконалених конструкцій машин для розколу та інтеграції засобів машинного зору для підвищення точності сортування.

Отримані результати можуть бути використані для оптимізації промислових ліній переробки волоських горіхів та підвищення їх технологічної і економічної ефективності.

Ключові слова: волоські горіхи, технологічна лінія, сушильне обладнання, мийка горіхів, активне вентилявання, калібрування, розколювання, фракціонування ядер, пропускна здатність, енергоефективність, машинне сортування.

TSURKAN OLEG, SPIRIN ANATOLIY

Separated structural unit «Ladyzhyn Professional College of Vinnytsia National Agrarian University»

RUTKEVYCH VOLODYMYR, DIDYK ANDRIY

Vinnytsia National Agrarian University

TECHNOLOGICAL REGULATIONS FOR THE OPERATION OF THE WALNUT PROCESSING LINE

A comprehensive analysis of a technological line for walnut processing is presented, and a technological regulation for its operation is developed with due consideration of the productivity of the main machines and the sequence of technological operations. The specific features of step-by-step raw material processing are disclosed, including reception, primary cleaning, active ventilation, washing, drying, calibration, mechanical cracking, and fractionation of walnut kernels. The influence of operating parameters of drying equipment, settings of cracking machines, and sorting systems on the quality of the final product and the overall energy efficiency of the process is substantiated. It is established that harmonization of machine throughput capacities is a key factor in ensuring continuity, stability, and reliability of the production process, as well as in preventing bottlenecks and excessive product losses at individual stages of processing.

The proposed technological scheme makes it possible to minimize losses of whole kernels, increase the degree of product purity, and form high-quality commercial fractions that meet market and regulatory requirements. Particular attention is paid to the interaction between mechanical and thermal processes, which significantly affects kernel integrity, moisture content uniformity, and subsequent sorting accuracy.

Promising directions for further modernization of the processing line are identified, including the implementation of digital monitoring and control systems, the use of energy-saving drying technologies, the improvement of cracking machine designs, and the integration of machine vision tools to enhance sorting precision and reduce the influence of the human factor.

The obtained results can be effectively used for the optimization of industrial walnut processing lines and for improving their technological, energy, and economic efficiency under modern conditions of agro-industrial production.

Keywords: walnuts, technological line, drying equipment, walnut washing, active ventilation, calibration, splitting, kernel fractionation, throughput, energy efficiency, machine sorting.

Стаття надійшла до редакції / Received 22.10.2025

Прийнята до друку / Accepted 21.11.2025

Постановка проблеми

Сучасний ринок продуктів переробки волоських горіхів демонструє стабільне зростання попиту, що зумовлено високою харчовою цінністю ядра, його універсальністю у харчовій промисловості та значним експортним потенціалом. Для України, яка входить до числа провідних виробників волоського горіха в Європі,

питання підвищення ефективності технологічних процесів переробки набуває особливої ваги. Виробничі підприємства стикаються з потребою забезпечення стабільної якості продукції, оптимізації енергетичних витрат, підвищення продуктивності та впровадження технологій, що відповідають сучасним вимогам безпечності харчових продуктів. Одним із ключових інструментів досягнення цих цілей є розроблення технологічного регламенту роботи лінії з переробки волоських горіхів, який визначає послідовність технологічних операцій, параметри обладнання, режими роботи та критерії контролю якості. Формування науково обґрунтованого регламенту дозволяє систематизувати виробничий процес, мінімізувати втрати сировини та зменшити вплив людського фактора на кінцевий результат.

Актуальність теми зумовлена потребою агропромислового сектору у впровадженні ефективних технологій переробки волоських горіхів, спрямованих на підвищення конкурентоспроможності продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках. У зв'язку зі збільшенням обсягів вирощування горіхів в Україні зростає і необхідність у модернізації виробничих ліній, їх адаптації до різних сортів та умов післязбиральної обробки. Наявні технологічні процеси часто характеризуються нерівномірністю якості очищення та калібрування ядра, значними енерговитратами, підвищеними втратами маси через механічні пошкодження та недостатнім рівнем автоматизації. Це обумовлює потребу у розробці чіткого технологічного регламенту, який би базувався на сучасних підходах до організації виробництва, включав оптимальні параметри сушіння, очищення, сепарації та фасування, а також забезпечував стабільність технологічного процесу та високі показники виходу товарного ядра.

Таким чином, дослідження, спрямовані на удосконалення та обґрунтування технологічного регламенту роботи лінії по переробці волоських горіхів, є важливими для підвищення ефективності виробництва, зниження витрат та забезпечення високої якості готової продукції відповідно до міжнародних стандартів.

Аналіз останніх джерел

Останні дослідження, присвячені технологіям післязбиральної обробки та переробки волоських горіхів, свідчать про зростаючу увагу до оптимізації параметрів роботи окремих машин і забезпечення узгодженості їх продуктивності в межах єдиної технологічної лінії [1]. Наукові джерела відзначають, що ефективність переробки значною мірою залежить від якості первинної підготовки сировини, де важливу роль відіграють камери активного вентилявання (куби), які забезпечують контрольоване охолодження, вирівнювання вологості та запобігання мікробіологічному псуванню горіхів [2]. Використання активної вентиляції дозволяє підтримувати стабільні параметри повітряного середовища та зменшувати різницю вологості всередині партії, що суттєво покращує рівномірність подальшого сушіння. У сучасних виробничих схемах такі камери застосовують як проміжний етап між первинною очисткою та сушінням, що дозволяє знизити пікове навантаження на сушильні агрегати й забезпечити плавність потоку матеріалу по лінії.

Важливим етапом є миття горіхів, яке забезпечує видалення забруднень, залишків зеленої оболонки та механічних домішок [3]. Останні технічні описи мийок - щіткових, барабанних та струменевих - демонструють здатність видаляти до 90–95 % забруднень без порушення цілісності шкаралупи. Якість миття безпосередньо впливає на ефективність сушіння та роботу наступних сортувальних і калібрувальних систем, оскільки наявність домішок може призводити до обмежень пропускної здатності обладнання. Для забезпечення узгодженості всієї технологічної лінії продуктивність мийки має відповідати пропускній здатності транспортерів і сушильних модулів, що вимагає оптимального підбору режимів роботи.

Транспортери виконують не лише функцію переміщення сировини, а й формують буферні ділянки між окремими етапами [4]. Сучасні дослідження підкреслюють важливість регульованої швидкості транспортерів для балансування потоку та уникнення утворення «вузьких місць» між технологічними вузлами. Наявність буферних зон дозволяє компенсувати різницю у продуктивності таких агрегатів, як мийка, сушарка чи розколювач, забезпечуючи безперервність виробничого процесу та зменшуючи ймовірність простоїв. Особливу увагу приділяють зниженню механічних навантажень на горіхи при транспортуванні, оскільки надмірні удари або падіння можуть збільшувати частку битого ядра на наступних етапах переробки [1, 3].

Етап сушіння є одним із найважливіших у технології переробки волоських горіхів [5]. Наукові джерела аналізують різні методи - від традиційного конвективного до комбінованого та конвективно-вібраційного сушіння [2]. Показано, що застосування комбінованих режимів дозволяє скоротити тривалість процесу, знижувати питомі енерговитрати й забезпечувати більш рівномірний розподіл вологості всередині ядра та шкаралупи. Саме рівномірність і оптимальність вологості є ключовим фактором у наступному етапі - розколюванні горіхів. Доведено, що надмірна або нерівномірна вологість підвищує ризик утворення великої кількості дрібних фракцій, тоді як оптимізовані режими сушіння забезпечують вищий вихід цілих половинок ядра [6, 7].

Процеси часткового розколювання горіхів, згідно з сучасними технічними рішеннями, виконуються на електромеханічних або пневмомеханічних апаратах, які дозволяють регулювати силу та напрямок впливу на шкаралупу. Однак ефективність цих машин значною мірою залежить від підготовленості сировини: вологості, твердості шкаралупи, сорту та розміру плодів [8]. Наукові джерела підкреслюють, що продуктивність розколювачів повинна бути узгоджена з попередніми етапами, насамперед із сушінням і транспортуванням. Перевищення навантаження на розколювальне обладнання або нерівномірність подачі знижує якість розділення та збільшує частку битого ядра.

Таким чином, аналіз останніх публікацій та технічних описів демонструє, що ефективне функціонування лінії переробки волоських горіхів базується на поетапному узгодженні продуктивності всіх елементів технологічного процесу - від активного вентилявання та миття до сушіння і часткового розколювання.

Забезпечення такої узгодженості дозволяє створити стабільний, енергоефективний і маловитратний процес виробництва з високими показниками виходу цільового ядра та мінімальним рівнем втрат.

Метою досліджень є наукове обґрунтування та розроблення технологічного регламенту роботи лінії по переробці волоських горіхів із урахуванням взаємозалежності технологічних операцій, продуктивності кожної машини та забезпечення їх оптимальної узгодженості в єдиному виробничому циклі. Для досягнення цієї мети передбачено визначення раціональних параметрів роботи основного та допоміжного обладнання, встановлення пропускну здатності ключових вузлів, а також формування таких режимів технологічного процесу, які забезпечують стабільність подачі продукту, мінімізацію втрат ядра та енерговитрат, і гарантують безперервну та збалансовану роботу всієї лінії.

Досягнення поставленої мети передбачає:

- забезпечення узгодження продуктивності машин на етапах миття, сушіння, калібрування, дроблення, сепарації та фасування для уникнення «вузьких місць» та простоїв;
- встановлення оптимальних режимів роботи, які гарантують рівномірність навантаження на обладнання та підвищення загальної продуктивності лінії;
- формування науково обґрунтованої послідовності технологічних операцій з урахуванням технічних характеристик, конструктивних особливостей та пропускну здатності кожної машини.

Реалізація зазначеної мети дозволить створити ефективний, енергоекономічний та технологічно стабільний виробничий процес переробки волоських горіхів із високими показниками виходу товарного ядра.

Виклад основного матеріалу

Технологічний регламент роботи лінії переробки волоських горіхів визначає не лише послідовність виконання операцій, але й критично важливі параметри функціонування обладнання та їх продуктивність, що забезпечує збалансовану, ритмічну та безперебійну роботу всієї лінії [9-11]. Відповідно до схеми (рис. 1), технологічний процес побудовано таким чином, щоб кожен елемент обладнання працював у режимі, узгодженому за продуктивністю з попередніми та наступними операціями, мінімізуючи простой та запобігаючи перевантаженням [12].

На першому етапі сировина повинна надходити у приймальний бункер-накопичувач 1, продуктивність якого має бути не меншою за сумарну продуктивність машин першої технологічної групи. У виробничих умовах регламентована продуктивність бункера становить 2,5–3,0 т/год, що забезпечує резерв часу для безперервної подачі та компенсацію короткочасних зупинок обладнання. Недостатня місткість або нерівномірне завантаження бункера не допускається.

Із бункера сировина повинна подаватися у відділення пілінгу 2, де здійснюється первинне очищення з видаленням зеленого перикарпію. Інтенсивність механічного та фрикційного впливу регламентується з метою повного відокремлення оболонки без пошкодження шкаралупи. Пошкодження шкаралупи на даному етапі забороняється, оскільки воно призводить до зростання втрат ядра на подальших операціях. Відокремлений перикарпій повинен спрямовуватися на переробку 3 відповідно до прийнятої схеми утилізації.

Очищений горіх повинен транспортуватися вузлом 4 із одночасним видаленням зовнішньої вологи. Наявність надлишкової поверхневої вологи перед сушінням не допускається, оскільки вона знижує ефективність тепло- та масообміну. Для стабілізації подачі перед сушильним етапом обов'язково використовується бункер-накопичувач 4А, який виконує функцію буфера між підготовчим і сушильним обладнанням.

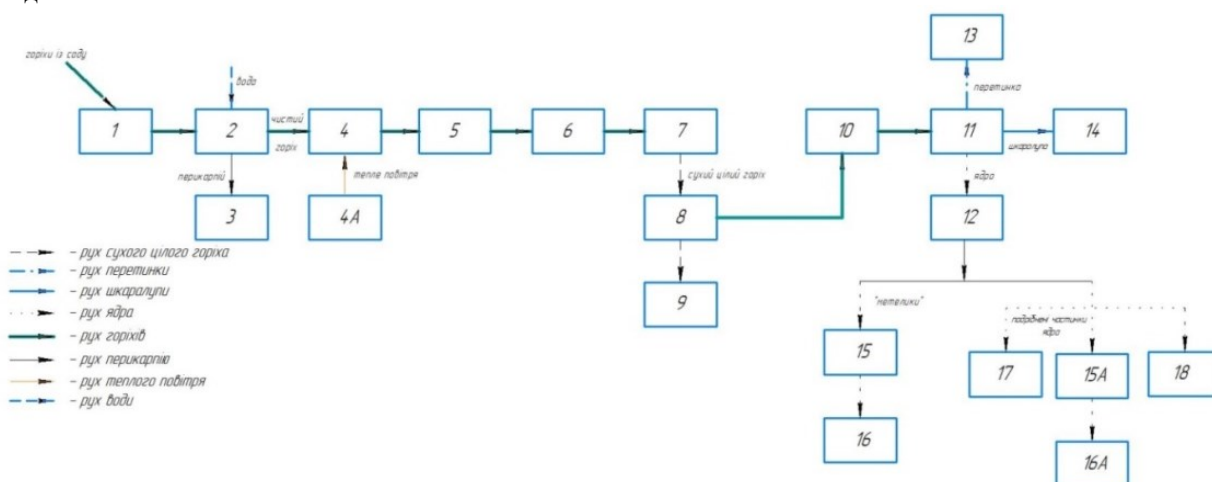


Рис.1. Технологічна лінія переробки волоських горіхів: 1 – бункер-накопичувач зібраних горіхів; 2 – відділення пілінгу; 3 – переробка перикарпію; 4 – транспортування чистого волоського горіху із одночасним видаленням зовнішньої вологи; 4А – бункер накопичувач; 5 – геліопідігрівач повітря; 6 – дослідно-промисловий зразок вібраційної машини для сушіння волоських горіхів; 7 – бункер-накопичувач цілих горіхів; 8 – калібратор; 9 – фасування цілого горіха; 10 – горіхокол; 11 – сепаратор; 12 – калібрування ядра; 13 – переробка перетинки; 14 – переробка шкаралупи; 15 – вакуумування; 15А – вакуумування подрібнених частинок ядра; 16 – пакувальний стіл; 16А – пакувальний стіл для подрібнених частин; 17 – переробка на олію; 18 – переробка на кондитерські вироби

Сушіння волоських горіхів здійснюється у дослідно-промисловому зразку вібраційної машини 6 з використанням повітря, підігрітого у геліопідігрівачі 5. Регламентом встановлюються такі параметри: температура теплоносія 35–45 °С, відносна вологість 10–18 %, швидкість повітряного потоку 1,5–2,0 м/с. Ці режими забезпечують доведення вологості ядра до 5–8 %, що є стандартом для зберігання [13]. Відхилення від зазначених значень не допускається, оскільки це призводить до нерівномірного висушування та погіршення якості ядра. Сушильний етап є лімітуючим за продуктивністю, яка становить 0,25–0,40 т/год, і саме він визначає пропускну здатність усієї лінії.

Після сушіння горіхи повинні накопичуватися у бункері 7 та подаватися на калібратор 8. Калібрування є обов'язковою операцією регламенту, оскільки забезпечує однорідність фракцій за розміром і масою. Подача змішаних фракцій на наступні операції забороняється, оскільки це призводить до порушення режиму роботи обладнання та зниження його продуктивності. Частина відкаліброваного цілого горіха може направлятися на фасування 9 як товарна продукція.

Регламент операції розколювання волоських горіхів і подальшої сепарації продуктів розколу повинен забезпечувати стабільність технологічного процесу, мінімізацію втрат ядра та збереження його цілісності. Основний потік підготовлених і відкаліброваних горіхів подається до горіхокола 10, робочі органи якого налаштовуються відповідно до розмірно-масової групи плодів (рис. 2). Величина зусилля розколювання регламентується шляхом встановлення зазору між робочими елементами та обмеження контактного тиску, що дозволяє забезпечити контрольований характер руйнування шкаралупи по природних лініях розколу. Перевищення допустимих значень сили розклинювання не допускається, оскільки призводить до інтенсивного подрібнення ядра, зростання виходу дрібнодисперсної фракції та погіршення товарної якості продукції.



Рис.2. Робочий орган горіхокола

Режим роботи горіхокола визначається сукупністю конструктивно-технологічних параметрів, зокрема частотою обертання робочих органів, швидкістю подачі сировини та ступенем попереднього калібрування. Регламентом передбачається рівномірне завантаження машини без перевантажень, що забезпечує сталість зусилля розколювання та зменшує ймовірність вторинного дроблення ядра.

Отримана після розколювання суміш «ядро–шкаралупа» безперервним потоком надходить до сепаратора 11, у якому реалізується процес розділення компонентів за відмінностями їх інерційних і аеродинамічних властивостей. Регламент сепарації передбачає встановлення раціональних значень швидкості повітряного потоку, кута нахилу робочих поверхонь і режиму вібрації (за наявності), що забезпечує ефективне відокремлення легших часток ядра від більш масивних фрагментів шкаралупи. Відхилення параметрів повітряного режиму від оптимальних значень призводить або до винесення ядра разом зі шкаралупою, або до неповного очищення продукту, що знижує загальну ефективність лінії.

Подальше калібрування ядра 12 повинно забезпечувати чітке розділення товарних і нетоварних фракцій. Порушення чіткості фракціонування не допускається. Відокремлена перетинка повинна спрямовуватися на переробку 13, а шкаралупа - на переробку 14 з метою подальшого технічного або енергетичного використання.

Товарне ядро повинно піддаватися вакуумуванню у вузлі 15 та подаватися на пакувальний стіл 16. Контакт ядра з атмосферним повітрям після вакуумування не допускається. Подрібнені частинки ядра повинні вакуумуватися окремо у вузлі 15А та пакуватися на пакувальному столі 16А.

Нетоварні фракції ядра повинні спрямовуватися на переробку на олію 17, де забезпечується отримання горіхової олії з виходом, що залежить від сорту та жирності сировини. Побічні продукти після пресування повинні використовуватися у переробці на кондитерські вироби 18, що забезпечує комплексне використання сировини та підвищує загальну ефективність технологічної лінії.

Орієнтована продуктивність основних машин технологічної лінії переробки волоських горіхів наведена в табл. 1.

Таблиця 1.

Орієнтована продуктивність основних машин технологічної лінії переробки волоських горіхів

№-машини	Найменування вузла	Продуктивність
1-3	Приймання та очищення	1,5-3,0 т/год
4-4А	Куби активного вентилявання	1,0-1,5 т/год
5	Мийна машина	1,0-1,2 т/год
6-6А	Доочищення після мийки	до 1,0 т/год
8	Сушильна машина	0,8-1,2 т/цикл
10	Калібратор цілого горіха	до 1,5 т/год
13	Машина для розколу	до 1,0 т/год
15-17	Сортування ядра	200-400 кг/год

Таким чином, технологічний регламент лінії встановлює чіткі вимоги до продуктивності кожного агрегата, що забезпечує збалансованість потоків, відсутність «вузьких місць» та стає функціонування всієї технологічної системи. Узгодженість продуктивності машин дозволяє знизити втрати ядра, уникнути надлишкового подрібнення, мінімізувати простої, а також забезпечити оптимальне використання енергетичних і трудових ресурсів. Водночас регламент передбачає комплексну переробку всіх фракцій сировини, що робить технологію економічно вигідною і практично безвідходною.

Висновки та пропозиції

У рамках проведеного дослідження було сформовано цілісний технологічний регламент роботи лінії переробки волоських горіхів, який охоплює всі основні етапи - від приймання та первинного очищення сировини до остаточного сортування та пакування товарних фракцій ядра. Встановлено, що ефективність функціонування лінії визначається узгодженістю роботи окремих машин за продуктивністю та технологічними параметрами, а також оптимальним поєднанням режимів попередньої підсушки, мийки, сушіння та механічного розколювання. Забезпечення відповідних режимів дозволяє мінімізувати енергетичні витрати, зменшити втрати цілого ядра та підвищити якість готової продукції. Отримані результати підтверджують доцільність використання комплексної технологічної схеми, що забезпечує стабільність процесів, підвищення продуктивності та конкурентоспроможності виробництва.

Перспективи подальших досліджень передбачають удосконалення сушильного блоку шляхом зниження енерговитрат за рахунок впровадження систем рекуперації тепла та адаптивного керування повітряними потоками, розвиток цифрових систем моніторингу та автоматизації технологічних операцій відповідно до концепції Industry 4.0, а також покращення конструкцій машин для розколу й фракціонування з метою зменшення пошкоджень ядер. Актуальним напрямом є застосування систем машинного зору для високоточного калібрування та контролю якості продукції, а також впровадження екологічно орієнтованих рішень щодо утилізації шкаралупи та зелених відходів. Подальше удосконалення технологічної лінії та оптимізація її режимів сприятиме підвищенню ефективності виробництва, збереженню харчової цінності продукції та розширенню можливостей глибокої переробки волоських горіхів.

Література

1. Chen C., Venkitasamy C., Zhang W., Deng L., Meng X., Pan Z. Effect of step-down temperature drying on energy consumption and product quality of walnuts // Journal of Food Engineering. – 2020. – Vol. 285(8). – P. 110–105. – DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2020.110105.
2. Руткевич В.С. Огляд методів та засобів для сушіння волоського горіха в шкарлупі / Руткевич В.С., Дідик А.М. // Вісник Хмельницького національного університету Серія: Технічні науки. - 2023. - № 1 (317). С. 230-236. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2023-317-1-230-236>
3. Chen C., Venkitasamy C., Zhang W., Khir R., Upadhyaya S., Pan Z. Effective moisture diffusivity and drying simulation of walnuts under hot air // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2020. – Vol. 150(1). – P. 119–283. – DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.119283.
4. Любін М.В., Гунько І.В. Конвеєри з гнучким тяговим елементом: Навчальний посібник. – К.: Хай-Тек Прес, 2012. – 272 с.).
5. Яропуд В.М., Лавренюк П.П. Порівняльний аналіз результатів експериментальних досліджень і чисельного моделювання процесу конвективного сушіння волоських горіхів // Вібрації в техніці та технологіях. – 2025. – № 2 (117). – С. 67–75. – DOI: 10.37128/2306-8744-2025-2-8.
6. Цуркан О.В., Спірін А.В., Руткевич В.С., Дідик А.М. Оцінка ефективності процесу сушіння волоських горіхів в конвективно-вібраційній сушарці // Вібрації в техніці та технологіях. – 2024. – № 3 (114). – С. 5–12. – DOI: 10.37128/2306-8744-2024-3-1.
7. Цуркан О.В., Руткевич В.С., Дідик А.М. Теоретичні дослідження процесу сушіння волоських горіхів з використанням вібраційних технологій // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки. – 2023. – № 4 (323). – С. 337–342. – DOI: 10.31891/2307-5732-2023-323-4-337-342.
8. Полевода Ю. А. Дослідження процесу сколювання шкаралупи горіхів в результаті силової дії напівсферичних поверхонь / Ю.А. Полевода // Вібрації в техніці та технологіях – 2020. – № 3 (98). С. 111–119.

9. Silva P.C., Resende O., Ferreira Junior W.N., Silva L.C.M., Quequeto W.D., Silva F.A.S. Drying kinetics of Brazil nuts // *Food Science and Technology*. – 2022. – Vol. 42. – Code e64620.
10. Розробка комплексу технологічних машин для глибокої переробки волоського горіха: звіт науково-дослідної роботи. / В. П. Янович та ін.; Вінницьк. нац. аграр. ун-т. NoDR0118U001421. Вінниця, 2018. 82 с.
11. Ratushna N. Методичні підходи до створення нової сільськогосподарської техніки у відповідності з вимогами ринку наукоємної продукції / N. Ratushna, I. Mahmudov, A. Kokhno // *MOTROL*. – 2007. – № 9А. С. 119–123.
12. Калетнік Г.М. Технологія переробки волоських горіхів / Г.М. Калетнік, О.В. Цуркан, А.В. Спірін, А.М. Дідик // *Вібрації в техніці та технологіях*. – 2024. – № 2 (113). С. 5–13.
13. ДСТУ 8900:2019 Горіхи волоські. Технічні умови [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc> (дата звернення 1.08.2025).

References

1. Chen C., Venkatasamy C., Zhang W., Deng L., Meng X., Pan Z. Effect of step-down temperature drying on energy consumption and product quality of walnuts // *Journal of Food Engineering*. – 2020. – Vol. 285(8). – P. 110–105. – DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2020.110105.
2. Rutkevych V.S. Ohliad metodiv ta zasobiv dlia sushinnia voloskoho horikha v shkarlupi / Rutkevych V.S., Didyk A.M. // *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu Seriya: Tekhnichni nauky*. – 2023. – № 1 (317). С. 230–236. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2023-317-1-230-236>
3. Chen C., Venkatasamy C., Zhang W., Khir R., Upadhyaya S., Pan Z. Effective moisture diffusivity and drying simulation of walnuts under hot air // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – 2020. – Vol. 150(1). – P. 119–283. – DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.119283.
4. Liubin M.V., Hunko I.V. Konveiry z hnuchym tiahovym elementom: Navchalnyi posibnyk. – K.: Khai-Tek Pres, 2012. – 272 s.).
5. Iaropud V.M., Lavreniuk P.P. Porivnialnyi analiz rezultativ eksperymentalnykh doslidzhen i chyselnoho modeliuвання protsesu konvektyvnoho sushinnia voloskykh horikhiv // *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*. – 2025. – № 2 (117). – С. 67–75. – DOI: 10.37128/2306-8744-2025-2-8.
6. Tsurkan O.V., Spirin A.V., Rutkevych V.S., Didyk A.M. Otsinka efektyvnosti protsesu sushinnia voloskykh horikhiv v konvektyvno-vibratsiynii sushartsi // *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*. – 2024. – № 3 (114). – С. 5–12. – DOI: 10.37128/2306-8744-2024-3-1.
7. Tsurkan O.V., Rutkevych V.S., Didyk A.M. Teoretychni doslidzhennia protsesu sushinnia voloskykh horikhiv z vykorystanniam vibratsiynykh tekhnolohii // *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Seriya: tekhnichni nauky*. – 2023. – № 4 (323). – С. 337–342. – DOI: 10.31891/2307-5732-2023-323-4-337-342.
8. Polievoda Yu. A. Doslidzhennia protsesu skoliuvannia shkaralupy horikhiv v rezultati sylovoi dii napivsferychnykh poverkhon / Yu.A. Polievoda // *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*. – 2020. – № 3 (98). С. 111–119.
9. Silva P.C., Resende O., Ferreira Junior W.N., Silva L.C.M., Quequeto W.D., Silva F.A.S. Drying kinetics of Brazil nuts // *Food Science and Technology*. – 2022. – Vol. 42. – Code e64620.
10. Rozrobka kompleksu tekhnolohichnykh mashyn dlia hlybokoi pererobky voloskoho horikha: zvitpronaу-kovo-doslidnurobotu. / V. P. Yanovych та ін.; Vinnytsk. nats. ahrar. un-t. NoDR0118U001421. Vinnytsia, 2018. 82 s.
11. Ratushna N. Metodychni pidkhody do stvorennia novoi silskohospodarskoi tekhniki u vidpovidnosti z vymohamy rynku naukoiemnoi produktsii / N. Ratushna, I. Mahmudov, A. Kokhno // *MOTROL*. – 2007. – № 9А. С. 119–123.
12. Kaletnik H.M. Tekhnolohiia pererobky voloskykh horikhiv / H.M. Kaletnik, O.V. Tsurkan, A.V. Spirin, A.M. Didyk // *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*. – 2024. – № 2 (113). С. 5–13.
13. DSTU 8900:2019 Horikhy voloski. Tekhnichni umovy [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc> (data zvernennia 1.08.2025)/