

СОКОЛОВСЬКА О.Г.

Одеська національна академія харчових технологій

ORCID ID: 0000-0003-4326-1932

e-mail: sokolovskaya\_alena@meta.ua

ВАЛЕВСЬКА Л.О.

Одеська національна академія харчових технологій

ORCID ID: 0000-0003-0511-5643

e-mail: ludmila\_valev@ukr.net

## ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА КІНОА – ВАЖЛИВИЙ ЕТАП ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ

*Робота присвячена організації операції очищення зерна кіноа, яка є важливим етапом його післязбиральному обробки. У роботі наведено аналіз сучасного стану ринку кіноа у світі та перспективи її виробництва в Україні. Нами визначено геометричні розміри та розраховано основні геометричні показники зерна кіноа, що є основними показниками для організації і ведення процесу очищення. На основі ситового аналізу та гранулометричних показників зерна кіноа розроблено фракційну схему очищення зерна кіноа.*

*Ключові слова: кіноа, очищення зерна, геометричні розміри зерна, ситовий аналіз, фракційна схема очищення.*

SOKOLOVSKAYA O., VALEVSKAYA L.

Odessa National Academy of Food Technologies

### CLEANING OF QUINO GRAIN - AN IMPORTANT STAGE OF POST-HARVEST TREATMENT

*In the world and in Ukraine, the quinoa market is growing rapidly due to its extremely beneficial properties for the body. Quinoa is one of the few gluten-free crops with a high content of easily soluble proteins, which provides the possibility of making special foods for children, people who play sports, vegetarians and diabetics. Quinoa grain contains a lot of protein: from 16.2% to 20%, the amino acid composition of the protein is very balanced, quinoa grain also contains carbohydrates, fats high in lecithic acid, fiber, minerals and vitamins of group B. The dynamics of sown areas and quinoa production in the world.*

*The work is devoted to the organization of the operation of purification of quinoa grain, which is an important stage of its post-harvest processing. Any processing of grain is associated with its purification from impurities. The presence of impurities negatively affects the efficiency of grain storage and its technological features, which leads to a decrease in yield and quality of processed products. Therefore, cleaning operations occupy a central place in the post-harvest processing of grain. We have determined the geometric dimensions and calculated the basic geometric parameters of quinoa grain, which are the main indicators for the organization and conduct of the cleaning process. To identify the necessary working bodies and determine the optimal size of the holes for the separation of the mixture into fractions, the analysis of the variability of the grain size of the main crop and the size of the released impurity. Based on these data, a correlation table is constructed. Analysis of the correlation table shows that for effective cleaning of quinoa grain it is necessary to use sieves with a diameter of 3... 3.5 mm to remove large impurities and sieves 1.0x20, with a diameter of 1.6 and 1.8 mm. Based on the data of the correlation table, a fractional scheme of quinoa grain purification was developed, with the appropriate shapes and sizes of sieve holes. This scheme of purification of quinoa grain is effective and allows to isolate 93% of impurities.*

*Keywords: quinoa, grain cleaning, geometric grain dimensions, sieve analysis, fractional cleaning scheme.*

### Постановка проблеми

У міру зростання чисельності населення Землі світова продовольча експорт збільшується рік від року, одночасно слідом за змінами попиту і моделей поведінки споживачів його структура трансформується. Зі зростанням доходів покупці віддають все більшу перевагу корисним і здоровим продуктам, таким як свіжі овочі і фрукти, морепродукти, цільні злаки, органічна продукція. Популярність можуть завоювати і такі продукти, які ще пару десятиліть тому широкому споживачеві були невідомі.

Одним із прикладів є кіноа – однорічна рослина, що відноситься до зернових культур і який отримав широку популярність лише в XXI столітті. Археологічні дослідження доводять, що культивування кіноа велось в Андах в Південній Америці ще 5000 років до н.е., а інки вважали кіноа священним.

Починаючи з XV століття значення кіноа зменшилася, і крупа поступово стала вважатися «їжею для бідних», хоча і як і раніше грала істотну роль в харчуванні небагатих сімей в сільських районах. За даними ФАО, до 1970 року посівні площі в Болівії, Еквадорі і Перу становили менше 30 тис. га. Кіноа місцеві жителі вирощували переважно для власного споживання, продаючи надлишки на місцевих ринках і залишаючи насіння для наступного посівного сезону.

Ситуація поступово почала змінюватися в 1980-х роках, після того як ФАО визнала кіноа стратегічною культурою для Андського регіону, Національна академія наук США видала книгу про забуту культуру інків, а NASA стало вивчати її з метою включення в раціон харчування астронавтів. Це позитивно позначилося на іміджі кіноа, на нього звернули увагу західні компанії як на екзотичну крупу для прихильників вегетаріанської дієти. Одночасно в латиноамериканських країнах стали створюватися кооперативи і об'єднання виробників з метою комерціалізації культури, впровадження сучасних технологій землеробства і пошуку ринків збуту [1, 2].

У 1990-х роках в Болівії запущена програма з виробництва органічного кіноа (Royal Quinoa), а також створена Асоціація екологічних виробників Болівії, що займається впровадженням органічного виробництва відповідно до вимог європейських країн. Розвиток внутрішнього виробництва, а також створення національного органу з сертифікації органічної продукції (Bolicert) призвело до зростання експорту в європейські країни і, як наслідок, впізнаваності кіноа. У 1993 році при фінансуванні ЄС запущений дослідницький проект з вивчення можливості вирощування культури, яка була представлена в якості крупи з більш високим вмістом білка і більш збалансованим амінокислотним складом в порівнянні зі злаками [1, 2].

Вивчення кіноа і його властивостей в західних країнах, а також розвиток сучасних методів органічного виробництва в Південній Америці привели до того, що з 2000-х років кіноа стрімко завойовує популярність в якості здорового і корисного продукту, багатого вітамінами і мінералами і не містить глютен. Це викликало бум виробництва і експорту в латиноамериканських країнах, який триває до теперішнього часу. За даними Інституту зовнішньої торгівлі Болівії, з 2003 по 2012 рік експорт кіноа виріс в 9,3 рази в фізичному обсязі і в 26 разів у вартісному. Всього, за даними ІТС Trade Map, до 2012 року в світі експортовано 44 тис. т кіноа вартістю 135 млн дол. у 2019 року цей обсяг зріс ще в 2,5 рази. [1–3].

#### Аналіз останніх джерел

З огляду на здатність різних сортів кіноа адаптуватися до різних кліматичних зон в різних країнах Африки, Азії, Європи і Північної Америки, які можуть стати її виробниками, були проведені експерименти по вирощуванню цієї культури. До теперішнього часу, кіноа вже успішно апробована в таких країнах, як Сполучені Штати, Марокко, Кенія і Індія, і є плани по розгортанню її широкомасштабного комерційного виробництва. Підвищення попиту і зростання світових цін на кіноа стимулювали виробників адаптувати культуру до низьких висот і вирощувати її в посушливих умовах [1–3].

В результаті, за даними ФАО, за останні 20 років посівні площі в країнах – основних виробниках – збільшилися в 2,5 рази і в 2019 році склали 184,5 тис. га, а урожай виріс в більш ніж в 3 рази до 161,4 тис. т. Всього ж культура вирощується в 70 країнах. Динаміку посівних площ та виробництва кіноа наведено на рис. 1 [4].

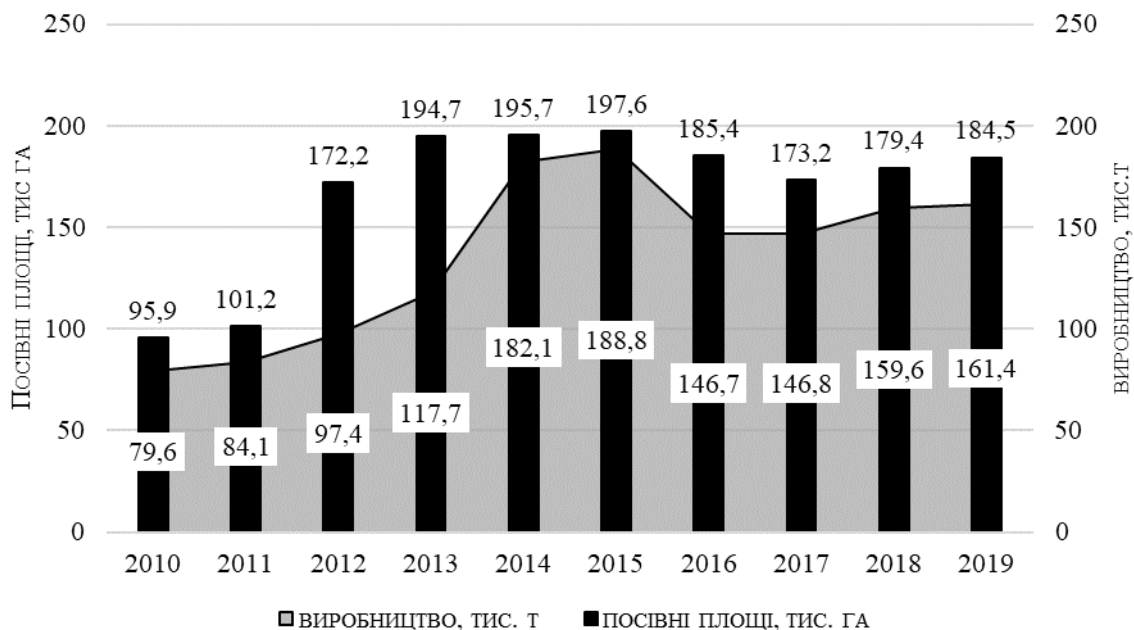


Рис. 1. Динаміка посівних площ та виробництва кіноа у світі

Світовий експорт кіноа в 2019 році склав 112 тис. т вартістю 320 млн дол. Найбільшими експортерами були Перу (134 млн дол.) і Болівія (91 млн дол.), Основними імпортерами - США (93 млн дол.), Канада (27 млн дол.) і Франція (27 млн дол.) [5].

В даний час кіноа вже не є екзотичним продуктом, його можна знайти на полицях всіх великих супермаркетів, а також спробувати в провідних ресторанах. Кіноа широко представлено в складах вегетаріанських, безглютенових дієт, дієт по контролю ваги як білковий продукт з низькою калорійністю, амінокислотний склад якого близький до молока [6].

В Україні кіноа придбала популярність в останні роки, багато українських виробників круп зараз включають кіноа в свій асортимент. Але до теперішнього часу закупували сировину за кордоном, в першу чергу в країнах Латинської Америки. Уже з 2019 року ведеться робота що до посівів кіноа в Україні [6].

Від збирання врожаю до переробки зерна треба зберегти від утрат та погіршення якості. А для цього зерно повинно пройти комплекс операцій первинної обробки, до якої входять очищення, активне

вентилювання, сушіння, зберігання. Комплекс післязбиральної обробки зерна має забезпечити поліпшення якості та надійне зберігання зерна без втрат до його наступної переробки.

Свіжозібране насіння містить багато домішок (насіння бур'янів і сторонніх культурних рослин, рештки стеблин, листів, а також биті, щуплі і дефектні насінини). Домішки негативно впливають на процес зберігання зерна, тому що більшість домішок мають значно вищу гігроскопічність, життєздатність і інтенсивність дихання, ніж основна культура. Тому найважливішим завданням є якнайшвидше видалення зі свіжозібраного зерна насіння бур'янів, а також інших домішок органічного походження, що досить важливо для забезпечення схоронності зерна.

**Метою роботи** є вибір раціональної технологічної схеми очищення зерна.

#### Виклад основного матеріалу

Зернову суміш очищають від домішок з урахуванням різниці між зернами основної культури і домішками:

- за шириною і товщиною – на решетах з круглими і продовгуватими отворами в зерноочисних, сортувальних і калібрувальних машинах;
- за довжиною – у циліндричних і дискових трієрах;
- з використанням аеродинамічних властивостей – за допомогою повітряного потоку в аспіраційних колонках, пневмосепараторах і пневмоколонках;
- за формою і станом поверхні зерна і домішок – на решетах з отворами трикутної форми в спіральних і стрічкових сепараторах, гірках, змійках;
- за щільністю (питома вага) – на пневматичних сортувальних столах, каменевідбірних машинах;
- за металомангнітними й електричними властивостями, кольором – на електромагнітних і електростатичних, електронних машинах і за допомогою фотоелементів.

У сільськогосподарському виробництві найпоширенішими є способи очищення зерна, які базуються на його геометричних і аеродинамічних відмінностях. Отже, одним з основних показників для організації і ведення процесу очищення є форма і розміри основної культури та домішок [7, 8].

Нами визначено геометричні розміри та розраховано основні геометричні показники зерна кіноа: об'єм зернини  $V_3$ , площа зовнішньої поверхні  $F_3$ , еквівалентний діаметр  $d_e$  та питома поверхня  $a_0$  та сферичність  $\psi$  зерна кіноа [9]. Результати наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Геометричні характеристики зерна кіноа

Показник	Значення
довжина $l$ , мм	2,0...1,7
ширина $a$ , мм	1,8...1,6
товщина $b$ , мм	1,2...1,0
об'єм зернини $V_3$ , мм <sup>3</sup>	2,23
площа зовнішньої поверхні $F_3$ , мм <sup>2</sup>	7,33
еквівалентний діаметр $d_e$ , мм	1,62
питома поверхня $a_0$ , (мм <sup>2</sup> /мм <sup>3</sup> )	3,28
сферичність $\psi$	0,89

Для виявлення необхідних робочих органів і визначення оптимальних розмірів отворів для поділу суміші на фракції проведено аналіз мінливості розмірів зерна основної культури і розмірів виділюваної домішки. На підставі цих даних побудовано кореляційну таблицю, у якій насіння основної культури і домішок (бур'янистих рослин) розділені на класи по розмірах (товщині та ширині) [10].

Методика побудови кореляційної таблиці полягає в просіванні наважок зерна на наборі лабораторних сит із круглими і прямокутними отворами, границею між класами будуть розміри отворів обраних сит.

Аналіз кореляційної таблиці дозволяє виявити характерну закономірність у розходженнях в деяких параметрах між основним зерном і виділюваними домішками.

Так, у нашому випадку, через яке проходом іде максимально можлива кількість зерна основної культури і тільки невелика частина домішок, а в сході цього сита залишається найбільша кількість домішок з невеликим вмістом зерна основної культури, буде решето із шириною прямокутних отворів 1,0 мм, тому що проходом (перша проміжна фракція) через нього підуть 73 % основного зерна і тільки 7 % домішок. У сході із цього сита (друга проміжна фракція) залишиться 24 % насіння основної культури і 93 % насіння бур'янистих рослин. Будь-який інший варіант сепарування не дасть більш точного результату. Це завдання успішно вирішується, якщо для першої проміжної фракції застосуємо решето з отворами діаметром 1,6 мм. У цьому випадку все насіння домішок (7 %) і одночасно з ними 3 % насіння основної культури підуть у прохід, а в сході з решета буде перебувати 73 % насіння основної культури без насіння бур'янистих рослин. Для поділу насіння основної культури від домішок у другій проміжній фракції варто використовувати сито з отворами діаметром 1,8 мм, і тоді 15 % насіння без домішок буде виділено сходом, а 93 % домішок і 1 % насіння основної культури підуть у прохід.

На основі аналізу кореляційної таблиці розроблено фракційну схему очищення кіноа (рис. 2)



Рис. 2. Фракційна схема очищення кіноа

### Висновки

Ринок кіноа активно розвивається завдяки унікальному хімічному складу цієї культури. Зерно кіноа містить багато білка: від 16,2% до 20%, амінокислотний склад білка дуже збалансований і близький до складу білків молока, і містить до 20 типів амінокислот. Крім білків, кіноа містить також вуглеводи, жири (з високим вмістом лецитинової кислоти), клітковину, мінерали і вітаміни групи В. Кіноа багата фосфором (утричі більше, ніж рис найвищої якості і не поступається багатьом видам риби), залізом (вдвічі перевищує пшеницю), кальцієм, цинком.

Кіноа придатна для вирощування в наших природно-кліматичних та ґрунтових умовах, і вже ведуться селекційні роботи, щодо вирощування кіноа в Україні.

Операції очищення зерна займають центральне місце у післязбиральному обробленні зерна, так як наявність домішок негативно впливає на ефективність зберігання зерна та його технологічні особливості, що призводить до зниження виходу і якості продуктів переробки.

Проведений ситовий аналіз та визначення гранулометричних показників дозволили рекомендувати послідовність зерноочисних машин, форму та розміри отворів сит, необхідних для ефективного очищення зерна кіноа.

На основі даних кореляційної таблиці розроблено фракційну схему очищення зерна кіноа, з відповідними формами і розмірами отворів сит.

### Література

1. Троценко В.І. Стан та перспективи культури кіноа в північно-східному лісостепу України / В.І. Троценко, І.М. Коваленко, В.О. Ільченко // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агронія і біологія». – 2017. – Випуск 9 (34). – С. 77–81.
2. Koziol M. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of Food Composition and Analysis*. 1992. № 5. 35–68.
3. State of the Art Report on Quinoa Around the World 2013. eds D. Bazile, D. Bertero, and C. Nieto Rome: FAO; CIRAD, 2014 589 p.
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Faostat. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
5. Ганьч Л.Я. Изучение мирового рынка квиноа / Л.Я. Ганьч, В.В. Олефиренко, Н.В. Мацакова // Сборник трудов Кубанского государственного технологического университета. – Кубгту, 2019. – С. 488–495.
6. Валевська Л.О. Біологічна цінність зернових суперфудів / Л.О. Валевська, О.Г. Соколовська, А.О. Шуляньська // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. – 2020. – Том 31 (70). № 1. Ч. 2. – С. 116–120.
7. Бутковский В.А. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства / Бутковский В.А., Мельников Е.М. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 464 с.
8. Воронцов О.С. Элеваторная промышленность зерносушение и зерноочистка / Воронцов О.С. – Москва : Колос, 1974. – 432 с.
9. Станкевич Г.М. Обробка та зберігання дрібнонасіньових олійних культур : монографія / Станкевич, Г.М., Овсянникова Л.К., Соколовська О.Г. – Одеса : КП ОМД, 2016. – 128 с.
10. Карпов Б.А. Технология послеуборочной обработки и хранения зерна / Карпов Б.А. – Москва :

## References

1. Trotsenko V.I. Stan ta perspektyvy kultury kinoa v pivnichno-skhidnomu lisostepu Ukrainy / V.I. Trotsenko, I.M. Kovalenko, V.O. Ilchenko // Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya «Ahronomiia i biolohiia». – 2017. – Vypusk 9 (34). – S. 77–81.
2. Koziol M. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of Food Composition and Analysis*. 1992. № 5. 35–68.
3. State of the Art Report on Quinoa Around the World 2013. eds D. Bazile, D. Bertero, and C. Nieto Rome: FAO; CIRAD, 2014 589 p.
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Faostat. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
5. Ganych L.Ya. Izuchenie mirovogo rynka kvinoa / L.Ya. Ganych, V.V. Olefirenko, N.V. Macakova // Cbornik trudov Kubanskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. – Kubgtu, 2019. – S. 488–495.
6. Valevska L.O. Biolohichna tsinnist zernovykh superfudiv / L.O. Valevska, O.H. Sokolovska, A.O. Shulianska // Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Seriya: tekhnichni nauky. – 2020. – Tom 31 (70). № 1. Ch. 2. – С. 116–120.
7. Butkovskij V.A. Tehnologiya mukomolnogo, krupyanoogo i kombikormovogo proizvodstva / Butkovskij V.A., Melnikov E.M. – Moskva : Agropromizdat, 1989. – 464 s.
8. Voroncov O.S. Elevatornaya promyshlennost zernosushenie i zernoochistka / Voroncov O.S. – Moskva : Kolos, 1974. – 432 s.
9. Stankevych H.M. Obrobka ta zberihannia drubnonasinnievvykh oliinykh kultur : monohrafiia / Stankevych, H.M., Ovsiannykova L.K., Sokolovska O.H. – Odesa : KP OMD, 2016. – 128 s.
10. Karpov B.A. Tehnologiya posleuborochnoj obrabotki i hraneniya zerna / Karpov B.A. – Moskva : Agropromizdat, 1987. – 288 s.

Рецензія/Peer review : 24.09.2021 р.

Надрукована/Printed : 10.10.2021 р.