

## **УДОСКОНАЛЕННЯ КОМБІНОВАНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ТОПІНАМБУРА**

**Н.О. Афукова, Д.В. Горелков, Д.В. Дмитревський, Р.Ю. Бондаренко**

*Проведено експериментальні дослідження комбінованого процесу очищення топинамбура. Досліджено вплив тиску пари та тривалості процесу термічної обробки бульб на глибину термічної обробки її поверхневого шару. Визначено раціональні параметри комбінованого процесу очищення топинамбура, які дозволяють істотно інтенсифікувати й механізувати процес очищення, зменшити втрати сировини та покращити якість очищення.*

**Ключові слова:** топинамбур, комбінований вплив на сировину, параметри очищення, попередня термічна обробка, механічне доочищення.

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ТОПИНАМБУРА**

**Н.А. Афукова, Д.В. Горелков, Д.В. Дмитревский, Р.Ю. Бондаренко**

*Проведены экспериментальные исследования комбинированного процесса очистки топинамбура. Исследовано влияние давления пара и длительности процесса термической обработки клубней на глубину термической обработки его поверхностного слоя. Определены рациональные параметры комбинированного процесса очистки топинамбура, которые позволяют существенно интенсифицировать и механизировать процесс очистки, уменьшить потери сырья и улучшить качество очистки.*

**Ключевые слова:** топинамбур, комбинированное воздействие на сырье, параметры очистки, предварительная термическая обработка, механическая доочистка.

## **IMPROVEMENT OF THE COMBINED PROCESS OF JERUSALEM ARTICHOKE CLEANING**

**N. Afukova, D. Dmytrevskyi, D. Horielkov, R. Bondarenko**

*Development and improvement of the process of vegetable raw materials cleaning is an actual scientific and technical goal. One of the most perspective directions of intensification of vegetable cleaning process is the development of the*

*combined methods for their processing. The improvement of the tuber cleaning process is based on the combination of the process of heat treatment of Jerusalem artichoke with steam and the process of subsequent mechanical after-treatment.*

*The necessity of creating equipment for the realization of the combined cleaning process of Jerusalem artichoke tubers is proved. A combined purification process, which is based on the combination of thermal and mechanical effects on the product under purification is proposed.*

*Experimental studies are carried out to study the influence of the parameters of the process of Jerusalem artichoke heat treatment on the change on the surface layer of the tuber. The influence of steam pressure and the duration of tubers' heat treatment on the depth of thermal treatment of the tuber surface layer, as well as on the efficiency of peel separation, is investigated. In addition, the influence of the duration process of tubers' mechanical after-treatment on the quality of cleaning is studied.*

*An experimental sample and an appropriate technique that allow to carry out investigations of the combined process for cleaning Jerusalem artichoke tubers with the ability to determine the influence of all its parameters on the percentage of raw material losses and the quality of cleaning are developed. Rational parameters of the combined process of Jerusalem artichoke cleaning are established.*

*It is proved that the increase of steam pressure and duration of heat treatment process raise the depth of thermal treatment of the surface layer and reduce separation forces of peel from the tuber. It is determined that an increase in the duration of mechanical after-treatment process increases the percentage of peeled tubers of Jerusalem artichoke, but increases raw material losses. It is determined that the reduction in the separation force of Jerusalem artichoke peel during heat treatment makes it possible to reduce the duration of mechanical post-treatment process. It is determined that with increasing depth of thermal treatment of the surface layer of Jerusalem artichoke, raw material losses grow. It is proved that Jerusalem artichoke tubers, which have a longer shelf life, need to increase the duration of their mechanical post-treatment process to ensure the required quality of cleaning.*

*Rational parameters of the combined process of cleaning Jerusalem artichoke are determined, which allow significantly intensifying and mechanizing the cleaning process, decreasing raw material losses and improving the quality of cleaning.*

**Keywords:** *Jerusalem artichoke, combined effect on raw materials, cleaning parameters, preliminary heat treatment, mechanical after-treatment.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Переробка бульб топінамбура характеризується тим, що значна частина цієї сировини потрапляє у відходи і в основному під час процесу очищення. Виходячи з цього, спосіб очищення відіграє важливу роль у промисловій переробці топінамбура. Також слід звернути увагу на устаткування, яке використовується для проведення процесу очищення [1–3].

На сьогодні виникає необхідність удосконалення обладнання для очищення овочів від шкірки. Воно повинно мати відносно невеликі розміри, бути енергетично ефективним і екологічно безпечним [4]. Для того щоб інтенсифікувати розробку нового обладнання, необхідно здійснити низку теоретичних і експериментальних досліджень. Слід визначити вплив сортових характеристик топінамбура і параметрів процесу очищення на ефективність очищення продукту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сьогодні процес очищення топінамбура від шкірки є однією з найскладніших операцій під час підготовки сировини до переробки. Спосіб очищення має важливе значення для економіки виробництва, оскільки під час переробки відходи сировини можуть досягати 50% [5].

Аналізуючи існуючі способи та обладнання для реалізації процесу очищення бульбоплодів, можна стверджувати, що на сьогодні найпоширенішими способами очищення є механічний і паровий. Перевага механічного способу полягає у використанні обладнання, яке має невеликі габаритні розміри, низьку матеріало- і енергоємність. Порівняно з механічним, для парового способу характерна краща якість очищення, також не потрібне попереднє калібрування сировини. Але обладнання для здійснення парового способу очищення є матеріало- і енергоємним і потребує додаткових виробничих площ для реалізації цього способу [6].

Паровий спосіб очищення знайшов своє застосування на великих переробних підприємствах і підприємствах харчової промисловості. На підприємствах ресторанного господарства застосовують переважно механічний спосіб очищення овочів. Це пояснюється відсутністю обладнання невеликої продуктивності для здійснення термічного та хімічного способів очищення. Проте оптимальним способом очищення, з точки зору збереження поживних речовин за мінімальних відходів, вважається паровий [7].

Сьогодні одним із найбільш перспективних напрямів покращення якості очищення топінамбура та зниження втрат сировини є створення обладнання, принцип роботи якого заснований на комбінованому впливі термічного й механічного процесів на продукт. Проте відсутність комплексних експериментальних досліджень із використання комбінованого впливу цих процесів на продукт істотно ускладнює розробку нового енергетично ефективного обладнання. Таким чином, удосконалення процесу очищення бульбоплодів за рахунок поєднання термічного та механічного впливу на продукт і розробка відповідного апаратного оформлення є перспективним та актуальним науково-практичним завданням [8].

**Метою статті** є дослідження процесу комбінованого очищення бульб топінамбура, а також визначення раціональних параметрів проведення комбінованого процесу очищення.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** З огляду на важливість визначення раціональних режимів процесу очищення бульб топінамбура були проведені дослідження впливу параметрів термічної обробки та тривалості процесу механічного доочищення на поверхневий шар його бульб. Необхідно було встановити вплив тиску пари і тривалості теплової обробки на поверхневий шар бульб топінамбура.

Під час проведення процесу термічної обробки топінамбура тиск пари змінювався в діапазоні 0,3–0,7 МПа з інтервалом 0,1 МПа. Тривалість проведення процесу термічної обробки бульб топінамбура парою була в діапазоні 10–70 с. Якщо тривалість очищення становила менше 10 с, зв'язок між клітинами поверхневого шару топінамбура руйнувався недостатньо для проведення подальшого процесу механічного доочищення. Якщо тривалість термічної обробки перевищувала 70 с, значно зростала глибина термічної обробки поверхневого шару топінамбура, що в подальшому призводило до суттєвих втрат сировини.

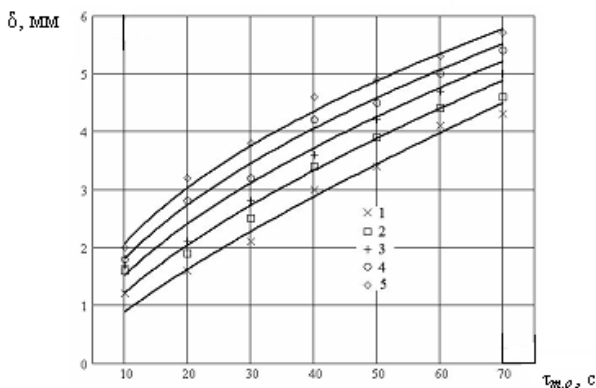
Обробка топінамбура парою тиском нижче 0,3 МПа також не забезпечувала необхідного відділення шкірки від бульби. Під час проведення експериментальних досліджень із визначення впливу пари на поверхневий шар максимальне значення тиску пари становило 0,7 МПа. Такий тиск передбачає можливість використання апарата для очищення бульбоплодів комбінованим способом на підприємствах ресторанного господарства.

Основним завданням дослідження комбінованого процесу очищення топінамбура було визначення раціональних режимів його теплової обробки парою. Параметрами процесу теплової обробки топінамбура є тиск пари, температура та тривалість обробки.

Подана на рис. 1 залежність свідчить про те, що зі збільшенням тривалості обробки топінамбура відповідно зростає глибина теплової обробки його поверхні. Глибина теплової обробки зростає в разі збільшення тиску пари й тривалості теплової обробки.

Після дослідження процесу термічної обробки бульб топінамбура парою необхідно дослідити процес механічного доочищення бульб.

У разі запропонованого комбінованого процесу очищення не виникає потреби в застосуванні абразивних робочих поверхонь, оскільки зв'язок між шкіркою топінамбура та бульбою порушується під час термічної обробки парою.



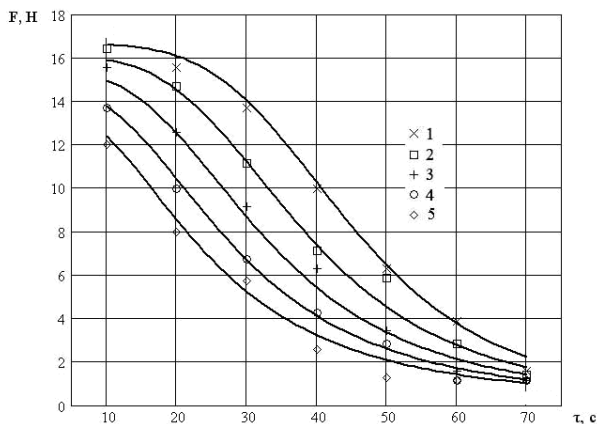
**Рис. 1. Залежність глибини теплової обробки топінамбура (вміст сухих речовин 18%) і терміну зберігання до 1-го вересня від тривалості його обробки паром: 1 – 0,3 МПа; 2 – 0,4 МПа; 3 – 0,5 МПа; 4 – 0,6 МПа; 5 – 0,7 МПа**

Для проведення процесу механічного очищення топінамбура після обробки паром використовується робоча поверхня, виготовлена зі сталі, а форма поверхні має хвилеподібний вигляд. Під час використання цієї поверхні, шкірка топінамбура очищується за допомогою дії сили тертя між бульбами та поверхнею. Для того щоб мінімізувати втрати сировини й одночасно покращити якість очищення поверхні топінамбура, виникає потреба в проведенні досліджень із визначення тривалості процесу механічного доочищення. Очищення топінамбура проводилося доти, доки бульба не була повністю очищеною. Процес механічного доочищення проводився для бульб топінамбура, які пройшли термічну обробку.

Показниками якості під час проведення експериментальних досліджень процесу механічного доочищення були вибрані відсоток очищених бульб і відсоток втрат сировини. Необхідним є встановлення залежності відсотка очищених бульб і відсотка втрат сировини від тривалості механічного доочищення. Відсоток втрат сировини визначався шляхом зважування топінамбура до проведення процесу механічного доочищення та після нього. Досліджувався вплив величини зусилля відділення шкірки топінамбура після термічної обробки на відсоток очищення його бульб. Крім цього, необхідно визначити вплив глибини термічної обробки поверхневого шару топінамбура на відсоток втрат сировини. Під час проведення досліджень процесу механічного доочищення бульб топінамбура враховувався термін їх зберігання. Під

час визначення відсотка очищених бульб був вибраний топінамбур, величина зусилля відділення шкірки якого знаходилася в діапазоні від 1,142 до 15,0 Н. Бульби топінамбура з великим зусиллям відділення шкірки вибрані не були, оскільки під час проведення процесу механічного доочищення їх шкірка не повністю відокремлювалася від бульби. Тривалість процесу механічного доочищення змінювалася в діапазоні 30–110 с. До параметрів, що впливають на втрати сировини, належать: глибина термічної обробки поверхневого шару бульби топінамбура, термін зберігання топінамбура, а також тривалість проведення процесу механічного доочищення. Для того щоб зменшити відсоток втрат топінамбура під час механічного доочищення, необхідно мінімізувати глибину термічної обробки. Але, коли бульби мають значні механічні та біологічні пошкодження, необхідно збільшити глибину термічної обробки з метою видалення неїстівної частини продукту. Тому для проведення досліджень процесу механічного очищення, за визначенням відсотка втрат сировини, були вибрані бульби, глибина термічної обробки яких становила від 1 до 5 мм.

Залежність зусилля відділення шкірки топінамбура від тривалості теплової обробки й тиску подано на рис. 2.



**Рис. 2.** Залежність зусилля відділення шкірки від бульби топінамбура (вміст сухих речовин 18%) і терміну зберігання до 1-го вересня від тривалості теплової обробки: 1 – 0,3 МПа; 2 – 0,4 МПа; 3 – 0,5 МПа; 4 – 0,6 МПа; 5 – 0,7 МПа

Зусилля відділення шкірки від бульб топінамбура знаходиться в діапазоні від 17,12 до 1,142 Н. Максимальне значення зусилля відриву шкірки (17,12 Н) спостерігається під час тривалості обробки 10 с і тиску пари 0,3 МПа. Це свідчить про те, що зв'язок між клітинами поверхневого шару порушено недостатньо для того, щоб шкірка відокремлювалася.

На рис. 3 подано зразки топінамбура, які пройшли попередню теплову обробку паром та які піддавалися подальшому механічному доочищенню.



а



б

**Рис. 3. Зразки топінамбура під час проведення комбінованого процесу очищення: а – після попередньої термічної обробки; б – після механічного доочищення**

Під час проведення досліджень встановлено залежність втрат сировини від режимів проведення процесу очищення. Глибина термічної обробки становить від 1,0 до 5 мм. Зі збільшенням тиску пари та тривалості процесу термічної обробки збільшується глибина

термічної обробки поверхневого шару топінамбура й зменшується зусилля відділення шкірки від бульби. Зусилля відділення шкірки від бульби топінамбура після термічної обробки знаходиться в діапазоні від 1,142 до 15,0 Н.

Збільшення тривалості процесу механічного доочищення підвищує відсоток очищених бульб топінамбура, але призводить до зростання втрат сировини. Визначено, що зменшення зусилля відділення шкірки бульби під час термічної обробки дозволяє зменшити тривалість процесу механічного доочищення. Установлено, що зі збільшенням глибини термічної обробки поверхневого шару бульби топінамбура збільшуються втрати сировини.

Тиск пари під час термічної обробки має становити 0,3 МПа за тривалості 35–60 с. Тривалість процесу механічного доочищення знаходиться в діапазоні 70–105 с. Рациональні параметри процесу механічного очищення для розробленого апарата забезпечують максимально можливий показник якості очищення – не менше 90% за відсотком очищених бульб.

**Висновки.** Результатом проведених досліджень є розроблений комбінований спосіб очищення бульб топінамбура. Він заснований на впливі термічного та механічного процесів очищення бульбоплодів. Першим етапом процесу комбінованого очищення бульб топінамбура є обробка їх парою надлишкового тиску, другий етап являє собою процес механічного доочищення бульб топінамбура.

Визначено рациональні параметри проведення процесу комбінованого очищення бульб топінамбура. Тиск пари під час термічної обробки має становити 0,3 МПа при тривалості 35–60 с. Тривалість процесу механічного доочищення повинна знаходитися в діапазоні 70–105 с залежно від терміну зберігання продукту та змісту сухих речовин у бульбах.

#### **Список джерел інформації / References**

1. Slavin, J., Liloyd, B. (2012), "Health Benefits of Fruits and Vegetables", *Journal: Advances in Nutrition*, Vol. 3, Iss. 4, pp. 506-516.
2. Pieniak, Z., Aertsens, J., Verbeke, W. (2010), "Subjective and objective knowledge as determinants of organic vegetables consumption", *Food Quality and Preferenc*, Vol. 21, Iss. 6, pp. 581–588. Doi:10.1016/j.foodqual.2010.03.004. Doi: 10.1016/j.foodqual.2010.03.004.
3. Tereshkin, O., Horielkov, D., Dmitrevskiy, D., Chervonyi, V. (2016), "Modeling of mechanical treatment of napiform onion to determine the rational parameters of its cleaning", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 6, № 11 (84), pp. 30–39. Doi: 10.15587/1729-4061.2016.86472.
4. Rennie, C., Wise, A. (2010), "Preferences for steaming of vegetables", *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, Vol. 23, pp. 108-110.



5. Antonia Murcia, M., Jimenez, A., Martinez-Tome, M. (2009), "Vegetables antioxidant losses during industrial processing and refrigerated storage", *Food Research International*, Vol. 42, Iss. 8., pp. 1046-1052. Doi: 10.1016/j.foodres.2009.04.012.

6. Pereira, R., Vicente, A. (2009), "Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing", *Food Research International*. Vol. 43, Iss. 7, pp.1936-1943.

7. Siti Mazli, M., Nur Aliaa, A., Nor Hidayati, H., Intan Shaidatul, M., Wan Zuha, W. (2010), Design and Development of an Apparatus for Grating and Peeling Fruits and Vegetables, *American Journal of Food Technology*. Vol. 5, Iss. 6, pp. 385-393. Doi: 10.3923/ajft.2010.385.393.

8. Karacabey, E., Baltacioğlu, C., Cevik, M., Kalkan, H. (2016), "Optimization of microwave-assisted drying of Jerusalem artichokes (*Helianthus tuberosus* L.) by response surface methodology and genetic algorithm", *Italian Journal of Food Science*. Vol. 28, Iss. 1, pp. 121–130. Doi: 10.14674/1120-1770/ijfs.v446.

**Афукова Наталія Олександрівна**, канд. техн. наук, проф., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: oborud.hduh@gmail.com.

**Афукова Наталья Александровна**, канд. техн. наук, проф., факультет оборудования и технического сервиса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: oborud.hduh@gmail.com.

**Afukova Natalia**, PhD. Sc. Professor, Faculty of equipment and technical services, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56; e-mail: oborud.hduh@gmail.com.

**Горелков Дмитро Вікторович**, канд. техн. наук, доц., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: oborud.hduh@gmail.com.

**Горелков Дмитрий Викторович**, канд. техн. наук, доц., факультет оборудования и технического сервиса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: oborud.hduh@gmail.com.

**Horielkov Dmytro**, PhD. Associate Professor, Faculty of equipment and technical services, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56; e-mail: oborud.hduh@gmail.com.

**Дмитревський Дмитро В'ячеславович**, канд. техн. наук, доц., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: oborud.hduh@gmail.com.

**Дмитревский Дмитрий Вячеславович**, канд. техн. наук, доц., факультет обладнання та технічного сервісу, Харьковський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочковская, 333, г. Харьков, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: oborud.hduh@gmail.com.

**Dmitrevskyi Dmitro**, PhD. Associate Professor, Faculty of equipment and technical services, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56; e-mail: oborud.hduh@gmail.com.

**Бондаренко Роман Юрійович**, студ., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: oborud.hduh@gmail.com.

**Бондаренко Роман Юрьевич**, студ., факультет обладнання та технічного сервісу, Харьковський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочковская, 333, г. Харьков, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: oborud.hduh@gmail.com.

**Bondarenko Roman**, student, Faculty of equipment and technical services, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56; e-mail: oborud.hduh@gmail.com.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. О.Г. Терешкіним.*

*Отримано 30.09.2017. ХДУХТ, Харків.*

DOI: 10.5281/zenodo.1108583

УДК 637.134

## **ПРИСКОРЕННЯ ЕМУЛЬСІЙ ЯК ОСНОВНИЙ ФАКТОР ГІДРОДИНАМІЧНОГО ДИСПЕРГУВАННЯ ЖИРОВОЇ ФАЗИ МОЛОКА**

**К.О. Самойчук**

*Знайдено аналітичні залежності для визначення середнього діаметра жирової кульки після гідродинамічного диспергування та прискорення руху молочної емульсії, які базуються на критерії руйнування крапель Вебера, унаслідок чого прискорення здатне стати універсальним, об'єднуючим*