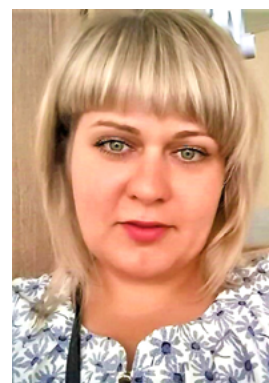


**А. О. Шевченко**

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри обладнання та інжинірингу
переробних і харчових виробництв
Державний біотехнологічний університет
(м. Харків, Україна)
E-mail: andshew@ukr.net

**С. В. Прасол**

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних
і харчових виробництв
Державний біотехнологічний університет
(м. Харків, Україна)
E-mail: process229@ukr.net

**Б. В. Михайлов**

магістрант,
Державний біотехнологічний університет
(м. Харків, Україна)
E-mail: mixailov.com@gmail.com

**І. Г. Бабанов**

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри готельно-ресторанної справи
Національний університет харчових технологій
(м. Київ, Україна)
E-mail: igbabanov@ukr.net

**О. І. Бабанова**

старший викладач,
Інженерно-технічний інститут
Національного університету харчових технологій
(м. Київ, Україна)
E-mail: petrikeyl@ukr.net

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ХАРЧОВОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ, УСТАНОВКАХ ТА ПРИСТРОЯХ

У статті наведено аналіз застосування електрофізичних методів обробки харчової рослинної сировини в сучасних технологіях, установках та пристроях. Встановлено, що серед електрофізичних методів надвисокочастотна (НВЧ) обробка та електроконтактне нагрівання (ЕКН) є перспективними електрофізичними методами, які можуть вдосконалити процеси жарення, замочування, сушіння та концентрування.

Отримання комплексів даних з метою оптимізації методів з ЕКН та НВЧ вимагає впровадження технічних засобів для проведення експериментальних досліджень, що передбачає розробку сучасних лабораторних установок.

Розроблено установку для вивчення процесів НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння харчової рослинної сировини за умов вакуумування з перемішуванням. Визначено ефект скорочення тривалості досліджуваних процесів, що виникає внаслідок здійснення перемішування сировини під час НВЧ-обробки. На підставі цього розроблено установку для концентрування (сушіння) харчових систем з використанням НВЧ-нагріву і вакуумування.

Для вивчення процесів жарення з ЕКН розроблено установку, що дозволяє здійснювати процеси різним за типом, формою та частотою електричного струму; а також установку для комбінованого жарення. За допомогою цих установок досліджено зміну температури зразків із фаршевих мас на основі рослинної сировини під час їх обробки методом ЕКН та комбінування різних способів нагрівання. При цьому відзначається суттєве зменшення нерівномірності температурного поля за об'ємом зразка, що є перевагою порівняно з традиційними способами нагрівання. Більш інтенсивне нагрівання здійснюється комбінованим способом жарення з ЕКН. На підставі проведених досліджень розроблено багатофункційний пристрій теплової обробки харчових продуктів ПТО-0,1.

Розроблено установку для дослідження замочування квасолі за умов теплового методу з ЕКН. Вона дозволяє досліджувати процес замочування бобів квасолі холодним способом, гарячим способом з нагріванням теплопередачею та гарячим способом з ЕКН. Доведено, що найменш енерговитратним, але тривалим є холодний метод. Для гарячого методу, що є ефективним для енергозбереження та зменшення тривалості, доцільним є застосування замочування за умов ЕКН.

Ключові слова: електрофізичні методи, установка, пристрій, тепла обробка, електроконтактне нагрівання, НВЧ, сушіння, концентрування, вакуумування, замочування, рослинна сировина, квасоля.

A. O. Shevchenko

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Industries
State Biotechnological University (Kharkiv, Ukraine)

S. V. Prasol

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Industries
State Biotechnological University (Kharkiv, Ukraine)

B. V. Mykhailov

Master's Student
State Biotechnological University (Kharkiv, Ukraine)

I. G. Babanov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Hotel and Restaurant Business
National University of Food Technologies (Kyiv, Ukraine)

O. I. Babanova

Senior Lecturer
Engineering and Technical Institute of National University of Food Technologies (Kyiv, Ukraine)

APPLICATION OF ELECTROPHYSICAL METHODS OF FOOD VEGETABLE RAW MATERIALS PROCESSING IN MODERN TECHNOLOGIES, INSTALLATIONS AND DEVICES

The article provides an analysis of the application of electrophysical methods of processing food plant raw materials in modern technologies, installations and devices. It has been established that, among the electrophysical methods, microwave (UHF) processing and electric-contact heating (ECH) are promising electrophysical methods that can improve the processes of roasting, soaking, drying, and concentration.

Obtaining sets of data for the purpose of optimization of methods with ECH and UHF requires the introduction of technical means for conducting experimental research, which involves the development of modern laboratory facilities.

An installation was developed for studying the processes of microwave concentration and microwave drying of food plant raw materials under vacuum conditions with stirring. The effect of reducing the duration of the investigated processes, which occurs as a result of the mixing of raw materials during microwave processing, is determined. Based on this, installation for thickening (drying) food systems using microwave heating and washing were developed.

In order to study the processes of heating with ECH, an installation has been developed that allows to carry out processes of different types, forms and frequencies of electric current; as well as an installation for combined roasting. With the help of these installations, the change in temperature of samples from minced meat based on vegetable raw materials during their processing by the ECH method and combining different heating methods was investigated. At the same time, there is a significant reduction in the unevenness of the temperature field in the volume of the sample, which is an advantage compared to traditional methods of heating. More intensive heating is carried out by a combined method of frying with EKH. On the basis of the conducted research, a multifunctional device for thermal processing of food products PTO-0.1 was developed.

An installation was developed for the study of bean soaking under the conditions of the thermal method with ECH. It allows you to study the process of soaking beans in a cold way, a hot way with heating by heat transfer and a hot way with ECH. It has been proven that the cold method is the least energy-consuming, but long-lasting. To implement the hot method, which is effective from the point of view of energy saving and reducing the duration, it is advisable to use soaking under ECH conditions.

Key words: electrophysical methods, installation, device, heat treatment, electric-contact heating, microwave, drying, concentration, vacuuming, soaking, vegetable raw materials, beans.

Постановка проблеми. Серед низки актуальних задач під час переробки харчової рослинної сировини слід виділити зниження витрат енергії, матеріалів та часу виробництва. Тепловий, гідротермічний та тепломасообмінний методи обробки, такі як жарення, замочування, сушіння, концентрування тощо, відносяться до найбільш енерговитратних. Такі процеси потребують оптимізації та вдосконалення, зокрема в контексті

використання комбінованих методів, які поєднують традиційні та нетрадиційні підходи, такі як електрофізичні методи.

З урахуванням енергоефективності та збереження харчових речовин, мікрохвильова вакуумна обробка та електроконтактне нагрівання є перспективними електрофізичними методами. Вони базуються на використанні, відповідно, електромагнітного поля надвисоких частот (НВЧ)

та електроконтактного нагрівання (ЕКН). Однак, режими цих процесів ще не достатньо вивчені для їх раціонального застосування. Відсутні систематизовані дані про комплекс теплофізичних, діелектричних, електрофізичних та інших властивостей складних харчових систем, які є основою рецептур для харчової продукції на основі рослинної сировини. Це ускладнює впровадження таких методів обробки та потребує проведення системних теоретичних та експериментальних досліджень.

Отримання відповідних комплексів даних для переробки харчової рослинної сировини вимагає впровадження технічних засобів для проведення експериментальних досліджень. Це передбачає розробку сучасних лабораторних установок, які ґрунтуються на інноваційних технічних рішеннях, а також пристроїв для реалізації прогресивних технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для обробки харчової рослинної сировини застосовують різноманітні технологічні процеси, які ґрунтуються на використанні електричного струму, тобто електрофізичні методи. Вони використовують різні типи електричних полів: постійне, яке поділяється на однорідне та неоднорідне; змінне; та перехресне (електричне та магнітне). Електрофізичні методи ґрунтуються на принципах електрофізики, де електрична енергія використовується без проміжних перетворень як самостійний інструмент. Цей напрямок відомий як електронно-іонні технології [3; 4; 10; 11].

Електронно-іонні технології вивчають явища, пов'язані з утворенням електричних зарядів та їх рухом в електричних та електромагнітних полях. Їх основні переваги полягають у тому, що більшість харчової сировини піддається впливу сил електричних полів; електрична енергія безпосередньо впливає на продукт, або електропровідне середовище; ці процеси безперервні тощо [1; 10; 13].

Низькі частоти електричних та електромагнітних полів використовуються для впливу на речовину безпосередньо електричним струмом. У діапазонах високих частот, таких як ВЧ та НВЧ, впливають на речовину найчастіше шляхом поляризаційних механізмів, а на ще вищих частотах – за рахунок резонансних явищ на молекулярному рівні. Методи впливу на об'єкт можуть бути безконтактними або контактними. Безконтактні методи характеризуються впливом електричного струму на продукти без використання електродів, тобто об'ємним методом (обробка в електро-статичному полі, ВЧ, НВЧ та ІЧ-нагрівання). До контактних методів належить ЕКН [5; 10].

Термолабільна харчова рослинна сировина, зокрема, пряні овочі, є джерелом цінних речовин. Зміни у цій сировині під час концентрування та сушіння супроводжуються додатковими втратами ароматичних та смакових властивостей, що не дозволяє під час виробництва харчової продукції повною мірою використати природний потенціал цієї сировини, зокрема як смаковий та ароматичний компонент. Із позиції енергоефективності та забезпечення високого рівня збереженості харчових речовин доцільним є застосування

мікрохвильової вакуумної обробки, що здійснюється в електромагнітному полі надвисоких частот (НВЧ-полі) [6; 10].

Інтенсифікація технологічних процесів, зокрема жарення, замочування квасолі можлива із застосуванням методів специфічного теплового впливу за рахунок ЕКН. І в першому, і в другому випадку спостерігається скорочення тривалості процесів, легко змінюються режими тощо. Слід зауважити, що за умов ЕКН утворюється внутрішня енергія у продукті за всім його об'ємом та спостерігається зменшення енерговитрат. Фізика процесу ЕКН полягає у пропусканні електричного струму через напівфабрикат або провідне середовище. Важливим параметром ЕКН, що визначає якість процесу, є частота змінного струму, що у більшості випадків дорівнює промисловій 50 Гц [12; 13].

У роботах [6; 7; 10; 12; 14] проаналізовано джерела літератури щодо застосування електрофізичних методів обробки, зокрема виконано порівняння розробок із закордонними аналогами. Слід зауважити, що закордонний досвід науковців у цій сфері свідчить про перспективність таких методів.

Таким чином, набувають актуальності науково-прикладні завдання, пов'язані із дослідженнями, розробкою та впровадженням електрофізичних методів обробки харчової рослинної сировини в сучасних технологіях, установках та пристроях для інтенсифікації процесів, зниження енерговитрат тощо.

Метою статті є аналіз застосування електрофізичних методів обробки харчової рослинної сировини в сучасних технологіях, установках та пристроях.

Методика дослідження. Дослідження проводились на основі вивчення та систематизації даних власних досліджень та розробок, а також інших фахівців із застосування електрофізичних методів обробки харчової рослинної сировини в сучасних технологіях, установках та пристроях.

Основні результати дослідження. Для вивчення НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння харчової рослинної сировини за умов вакуумування з перемішуванням розроблено установку (рис. 1), що складається з НВЧ-печі 1, у робочій камері якої розташована ємність 2. У верхній частині закріплено електропривід 3 з мішалкою 4. На боковій поверхні НВЧ-печі закріплено трубопровід 5 для відводу конденсату. У трубопроводі розташовано мановакууметр 6 і конденсатовідводчик 7. Для регулювання відводу конденсату розташовано вентиль 8. Вакуум підтримується за допомогою вакуумного насоса 9. У верхній частині електроприводу розташований тахометр 10 [6].

Із застосуванням цієї установки визначалась тривалість НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння за одночасного перемішування. Визначено ефект скорочення тривалості процесів, що виникає внаслідок здійснення перемішування сировини під час НВЧ-обробки. Для діапазону вакуумування $p = 40...50$ кПа ефект скорочення тривалості процесів знаходиться в таких межах:

під час НВЧ-концентрування – 30...37% для суміші подрібнених коренів та 28...32% для суміші подрібненої зелені, а під час НВЧ-сушіння, відповідно, 25...29 та 22...26%.

На підставі досліджень розроблено установку для концентрування (сушіння) харчових систем з використанням НВЧ-нагріву і вакуумування [9].

Наступні розроблені установки призначені для вивчення ЕКН. Так, установка, наведена на рис. 2, дозволяє здійснювати ЕКН різним за типом, формою та частотою електричного струму в трьох режимах. У першому режимі здійснюється ЕКН постійним струмом. У другому режимі – ЕКН змінним струмом прямокутної форми. У третьому режимі – ЕКН змінним струмом синусоїдальної форми з частотою 50 Гц.

На установці досліджено зміну температури зразків із фаршевих мас на основі рослинної сировини під час їх обробки методом ЕКН. За умов ЕКН зразків із натуральної січеної м'ясної маси відзначається суттєве зменшення нерівномірності температурного поля за об'ємом зразка, що є перевагою порівняно з традиційними способами нагрівання [12].

Установка з ЕКН (рис. 3) призначена для комбінованого жарення. Її основними елементами є діелектричний корпус 1 та теплоізолюючий кожух 2. У верхній частині закріплено відбивач 4 з ІЧ-нагрівачем 5. Під час закривання корпус утворює середовище для розміщення напівфабрикату 8, бічні стінки якого контактують з розташованими вертикально, паралельно один одному електродами 9 для здійснення підведення електричного струму від силового випрямляча 10 через комутатор 11 із частотою, заданою на низькочастотному генераторі сигналів 12. Поверхнєве нагрівання забезпечується за рахунок розташованого в нижній частині корпусу нагрівача 13 у вигляді ТЕНу. Для визначення температури в середині продукту під час нагрівання використовується датчик температури 17, підключений через послідовний порт COM1 до комп'ютера 18.

Дослідженню на цій установці підлягали зразки з натуральної січеної м'ясної маси та рослинної сировини. Як контрольні використовували зразки, що підлягали двобічному смаженню від нагрівальних поверхонь. Як дослідні – зразки, що смажили комбінованим способом з ЕКН змінним електричним струмом прямокутної форми з частотою 50 Гц та напругою 40 В. При цьому більш інтенсивне нагрівання здійснюється комбінованим способом жарення з ЕКН [5].

На підставі проведених досліджень розроблено пристрій теплової обробки харчових продуктів ПТО-0,1 [2], що може застосовуватись

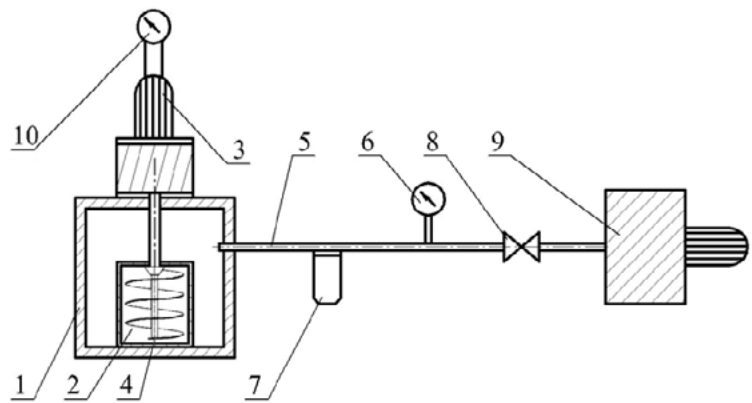


Рис. 1. Схема установки НВЧ-нагрівання та вакуумування:
1 – НВЧ-піч; 2 – ємність; 3 – електропривід; 4 – мішалка;
5 – трубопровід; 6 – мановакууметр; 7 – конденсатопровідник;
8 – вентиль; 9 – вакуумний насос; 10 – тахометр

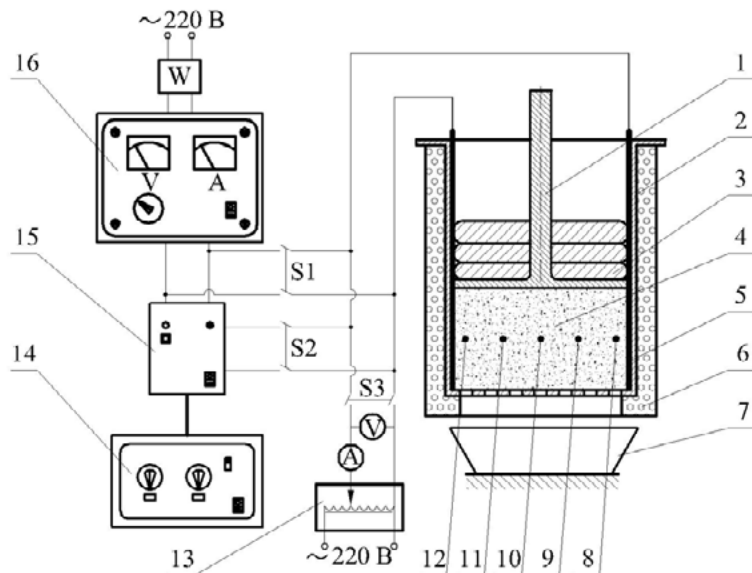


Рис. 2. Схема установки для дослідження ЕКН:
1 – напрямна; 2 – робоча ємність; 3 – навантажувач;
4 – зразок; 5 – електроди; 6 – теплоізоляція;
7 – ємність для збирання рідини; 8-12 – термометри;
13 – автотрансформатор; 14 – низькочастотний генератор сигналів; 15 – комутатор; 16 – випрямляч електричного струму; S1-S3 – вимикачі

для смаження та запікання різноманітних запіканок, рулетів, пудингів, суфле тощо.

З метою дослідження замочування квасолі за умов теплового методу з ЕКН розроблено установку, наведену на рис. 4. Вона складається з робочої ємності 8, утвореної зовнішнім 3 та внутрішнім 12 кожухами. Для запобігання втрати теплоти передбачено теплоізоляцію 2. Робоча ємність 8 наповнюється сумішшю квасолі та води (або розсолу) 9 та зверху за допомогою ручки 10 закривається кришкою 5. Забезпечення ЕКН здійснюється парою електродів 6, що запресовані у з'ємні електродні секції 7, через проводи, підключені вимикачем S1 до лабораторного електротрансформатора 1.

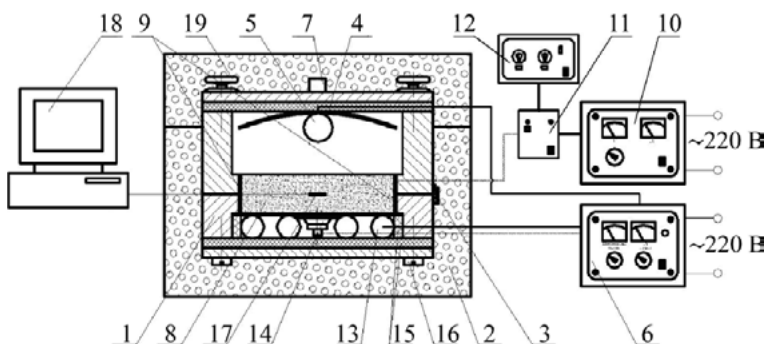


Рис. 3. Схема установки для дослідження комбінованого жарення з ЕКН: 1 – діелектричний корпус; 2 – теплоізоляційний кожух; 3 – механічний затискач; 4 – відбивач; 5 – ІЧ-нагрівач; 6 – блок управління поверхневого та ІЧ-нагрівання; 7 – паровий клапан; 8 – напівфабрикат; 9 – електроди; 10 – силовий випрямляч; 11 – комутатор; 12 – низькочастотний генератор сигналів; 13 – ТЕН; 14, 17 – датчики температури; 15 – термоїстотні прокладки; 16 – болтові з'єднання; 18 – комп'ютер з дисплеєм; 19 – ручка

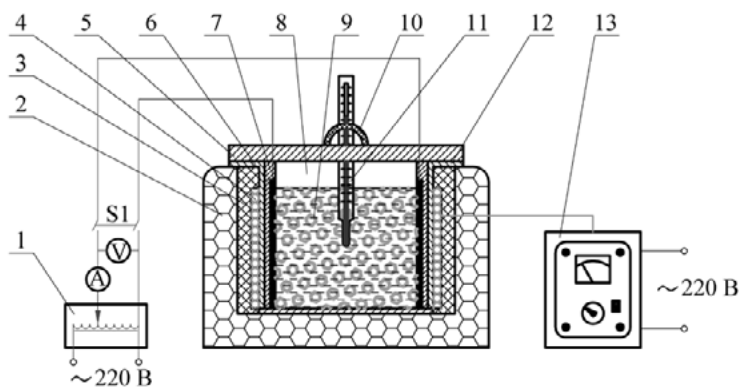


Рис. 4. Установка для дослідження процесів замочування квасолі: 1 – лабораторний електротрансформатор; 2 – теплоізоляція; 3, 12 – зовнішній та внутрішній кожухи, відповідно; 4 – нагрівальна спіраль; 5 – кришка; 6, 7 – електрод та електродна секція, відповідно; 8 – робоча ємність; 9 – суміш квасолі та води (або розсолу); 10 – ручка; 11 – термометр; 13 – блок управління потужністю нагрівання спіралі

Досліджено процес замочування бобів квасолі – холодним способом за кімнатної температури, гарячим способом з нагріванням від спіралі, гарячим способом з ЕКН. У результаті доведено, що найменш енерговитратним є холодний метод, але зважаючи на значну тривалість

та ризик отримання продукції незадовільної якості, його використання прийнято недоцільним. Для реалізації гарячого методу, який не виявив подібних недоліків, ефективним з точки зору енергозбереження є метод замочування за умов ЕКН [13].

Проведені дослідження на даній установці дозволили розробити концептуально новий пристрій для замочування квасолі [8].

Висновки. Методи обробки харчової рослинної сировини, що реалізують процеси жарення, замочування, сушіння, концентрування є енерговитратними та потребують оптимізації та вдосконалення, зокрема в контексті використання комбінованих методів, які поєднують традиційні та нетрадиційні підходи, такі як електрофізичні методи надвисокочастотної (НВЧ) обробки та електроконтактне нагрівання (ЕКН). Було розроблено установку для концентрування (сушіння) харчових систем з використанням НВЧ-нагріву і вакуумування, до основних переваг якої відноситься скорочення тривалості досліджуваних процесів, що виникає внаслідок здійснення перемішування сировини під час НВЧ-обробки. Розроблено установку для вивчення процесів жарення з ЕКН, яка дозволяє здійснювати процеси різним за типом, формою та частотою електричного струму; а також установку для комбінованого жарення. Відзначається суттєве зменшення нерівномірності температурного поля за об'ємом зразка порівняно з традиційними способами нагрівання. На підставі проведених досліджень розроблено багатофункційний пристрій теплової обробки харчових продуктів ПТО-0,1. Також було розроблено установку для дослідження замочування квасолі за умов теплового методу з ЕКН. Доведено, що найменш енерговитратним, але тривалим є холодний метод. З точки зору енергозбереження та зменшення тривалості для реалізації гарячого методу, доречним є застосування замочування за умов ЕКН.

Література

1. Бржезицький В. О. та ін. Електротехнологічні установки та системи. Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси». КПІ імені Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 1,70 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 136 с.

2. Багатофункційний пристрій теплової обробки харчових продуктів: пат. 37175 Україна: МПК А 23 L 1/025, А 47J 37/00. № 200804522; заявл. 09.04.08; опубл. 25.11.08, Бюл. № 22.

3. Коваленко В. С. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки матеріалів. Київ : Вища школа, 1976. 276 с.

4. Мехеда А. та ін. Використання фізичних методів у технологічних процесах харчових виробництв. Наукові здобутки молоді – вирішенню

проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 84 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, (м. Київ, 23–24 квітня 2018 р). Ч. 2. Київ : НУХТ, 2018. С. 397.

5. Михайлов В. М., Бабкіна І. В., Шевченко А. О., Михайлова С. В., Авдеев С. С. Сучасні лабораторні установки та дослідження електрофізичних методів обробки харчової сировини. Збірник наукових праць «Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі». Х. : ХДУХТ, 2014. Вип. 2 (20). С. 82–94.

6. Михайлов В. М., Потапов В. О., Бабкіна І. В., Михайлова С. В. Використання мікрохвильової вакуумної обробки в процесах виробництва овочевих концентратів : Монографія. Харків : ХДУХТ, 2014. 117 с.

7. Михайлова С. В. Використання мікрохвильової вакуумної обробки в процесах виробництва овочевих концентратів : дис. канд. техн. наук : 05.18.12 / ХДУХТ. Харків, 2014. 319 с.

8. Пристрій для замочування квасолі: заявка на пат. на корисну модель № u202304350 Україна: МПК А 23В 7/005, А 23L 5/30. заявл. 14.09.2023р.

9. Установка для концентрування (сушіння) харчових систем з використанням НВЧ-нагріву і вакуумування: пат. 57028 Україна: МПК А 23 L 1/025. № 201008088 ; заявл. 29.06.2010; опубл. 10.02.2011; Бюл. № 3. 4 с.

10. Черевко О. І. та ін. Інноваційні технології оздоровчих харчових продуктів на основі рослинної сировини та обладнання для їх реалізації : монографія в 3 ч. Ч. 3. Технології виробництва кулінарних м'ясних виробів з додаванням рослинної сировини та їх апаратне оформлення. Харків : Вид-во Іванченка І. С., 2021. 172 с.

11. Черевко О. І., Михайлов В. М., Бабкіна І. В., Шевченко А. О. Технологічні особливості електроконтактних методів обробки харчових продуктів. Збірник наукових праць «Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі». Х. : ХДУХТ, 2010. Вип. 2 (12). С. 124–128.

12. Черевко О. І. та ін. Нові технічні рішення в проектуванні обладнання для теплової обробки харчової сировини : монографія. У 3 ч. Ч. 2. Використання електроконтактного нагрівання в процесах жарення кулінарної продукції. Харків : ХДУХТ, 2012. 151 с.

13. Шевченко А. О., Маяк О. А., Михайлов Б. В., Прасол С. В., Михайлова О. В. Devising a technique for manufacturing canned beans with soaking under the conditions of electrical contact heating. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2022. Vol. 6, No 11 (120). P. 16–23.

14. Шевченко А. О. Використання електроконтактного нагрівання в процесах жарення кулінарної продукції : дис. канд. техн. наук : 05.18.12 / ХДУХТ. Харків, 2012. 333 с.

References

1. Brzhezickij V. O. and other (2020). Elektrotehnologichni ustanovki ta sistemi [Electrotechnological installations and systems]. Course of lectures [Electronic resource]: teaching. manual for students specialty 141 "Electric power engineering, electrical

engineering and electromechanics", educational program "Electrotechnical devices and electrotechnological complexes". Electronic text data (1 file: 1.70 MB). 136 s. [in Ukrainian]

2. (2008). Bagatofunkcijnij pristrij teplovoyi obrobki harchovih produktiv [Multifunctional device for thermal processing of food products]: pat. 37175 Ukraine: МПК А 23 L 1/025, А 47J 37/00. № 200804522. Bul. № 22. [in Ukrainian]

3. Kovalenko V. S. (1976). Elektrofizichni ta elektrohimični metodi obrobki materialiv [Electrophysical and electrochemical methods of processing materials]. Kyiv: Higher School. 276 s. [in Ukrainian].

4. Mecheda A. and other (2018). Viktoristannya fizichnih metodiv u tehnologichnih procesah harchovih virobniictv [Use of physical methods in technological processes of food production]. Scientific achievements of youth – solving the problems of human nutrition in the 21st century: materials of the 84th international scientific conference of young scientists, postgraduates and students. Kyiv : NUHT. S. 397. [in Ukrainian]

5. Mihajlov V. M., Babkina I. V., SHEVCHENKO A. O., Mihajlova S. V., Avdyeyev S. S. (2014). Suchasni laboratorni ustanovki ta doslidzhennya elektrofizichnih metodiv obrobki harchovoyi sirovini. [Modern laboratory installations and research of electrophysical methods of processing food raw materials]. Collection of scientific works "Progressive equipment and technologies of food production, restaurant industry and trade". Kharkiv : KhDUKht. V. 2 (20). S. 82–94. [in Ukrainian]

6. Mihajlov V. M., Potapov V. O., Babkina I. V., Mihajlova S. V. (2014). Viktoristannya mikrohviltovoyi vakuumnoyi obrobki v procesah virobniictva ovochevih koncentrativ. [The use of microwave vacuum treatment in the production processes of vegetable concentrates]. Monograph. Kharkiv : KhDUKht. 117 s. [in Ukrainian]

7. Mihajlova S. V. (2014). Viktoristannya mikrohvilt'ovoї vakuumnoyi obrobki v procesah virobniictva ovochevih koncentrativ. [The use of microwave vacuum treatment in the production processes of vegetable concentrates]. Candidate of technical sciences thesis : 05.18.12. KhDUKht. Kharkiv. 319 s. [in Ukrainian]

8. (2023). Pristrij dlya zamochuvannya kvasoli. [A device for soaking beans]: utility model patent application № u202304350 Ukraine: МПК А 23В 7/005, А 23L 5/30. [in Ukrainian]

9. (2011). Ustanovka dlya koncentruvannya (sushinnya) harchovih sistem z vikoristannyam NVCH-nagrivu i vakuumuvannya. [Installation for concentration (drying) of food systems using microwave heating and vacuuming]: pat. 57028 Ukraine: МПК А 23 L 1/025. № 201008088. Bul. № 3. 4 s. [in Ukrainian]

10. Cherevko, O. I. and other (2021). Innovacijni tehnologii ozdorovchih harchovih produktiv na osnovi roslinnoyi sirovini ta obladnannya dlya yih realizaciji [Innovative technologies of healthy food products based on plant raw materials and equipment for their implementation]. monograph in 3 p. P. 3. Technologies for the production of culinary meat products with the addition of vegetable raw materials and their hardware design. Kharkiv: I. S. Ivanchenko Publishing House 172 s. [in Ukrainian]

11. Cherevko O. I., Mykhailov V. M., Babkina I. V., Shevchenko A. O. (2010). Tehnologichni osoblivosti elektrokontaktnih metodiv obrobki harchovih produktiv [The technological features electric methods of food processing]. Collection of Scientific Papers Progressive technique and technology of food production of restaurants and trade., Kharkiv : KhDUKhT, NO. 2 (12), pp. 124-128. [in Ukrainian]

12. Cherevko O. I. and other (2012). Novi tehnicni rishennya v proektuvanni obladnannya dlya teplovoyi obrobki harchovoyi sirovini [New technical solutions in the design of equipment for thermal processing of food raw materials]. Monograph. Part 2. The use of electric contact heating in the processes of

frying culinary products. Kharkiv : KhDUKhT. 151 s. [in Ukrainian]

13. Shevchenko A. O., Mayak O. A., Mihajlov B. V., Prasol S. V., Mihajlova O. V. (2022). Devising a technique for manufacturing canned beans with soaking under the conditions of electrical contact heating. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 6, No 11 (120). P. 16-23. [in Ukrainian]

14. Shevchenko A. O. (2012). Viktoristannya elektrokontaktного nagrivan'nya v procesah zharen'nya kulinarnoï produkciï. [The use of electric contact heating in the processes of frying culinary products]. Candidate of technical sciences thesis : 05.18.12. KhDUKhT. Kharkiv. 333 s. [in Ukrainian]