

Секція 2. ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 001.891.53:663.911/.913.002.71

СУЧАСНІ ЛАБОРАТОРНІ УСТАНОВКИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ

**В.М. Михайлов, І.В. Бабкіна, А.О. Шевченко,
С.В. Михайлова, С.С. Авдєєв**

Представлено лабораторні установки для дослідження електрофізичних методів обробки харчової сировини: для НВЧ-нагрівання та вакуумування, для електроконтактного нагрівання (ЕКН) та комбінованого жарення з ЕКН. Проведені дослідження дозволили встановити скорочення тривалості НВЧ-концентрування (сушіння) за рахунок збільшення проникної здатності НВЧ-енергії та зменшення дифузійного опору, зменшення нерівномірності температурного поля за умов ЕКН, а також скорочення тривалості жарення за рахунок ЕКН.

Ключові слова: установка, електрофізичний, обробка, НВЧ, нагрівання, вакуумування, ЕКН, жарення, концентрування, сушіння.

СОВРЕМЕННЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ

**В.М. Михайлов, И.В. Бабкина, А.А. Шевченко,
С.В. Михайлова, С.С. Авдеев**

Представлены лабораторные установки для исследования электрофизических методов обработки пищевого сырья: для СВЧ-нагрева и вакуумирования, электроконтактного нагрева (ЭКН) и комбинированной жарки с ЭКН. Проведенные исследования позволили установить сокращение продолжительности СВЧ-концентрирования (сушки) за счет увеличения проникающей способности СВЧ-энергии и уменьшения диффузионного сопротивления, уменьшение неравномерности температурного поля при ЭКН, а также сокращение продолжительности жарки за счет ЭКН.

Ключевые слова: установка, электрофизический, обработка, СВЧ, нагрев, вакуумирование, ЭКН, жарение, концентрирование, сушка.

MODERN LABORATORY INSTALLATIONS AND RESEARCH OF ELECTRO-PHYSICAL PROCESSING METHODS OF FOOD RAW MATERIALS

V. Mykhailov, I. Babkina, A. Shevchenko, S. Mykhailova, S. Avdeev

The laboratory installation for the investigation of the methods of food raw materials processing are presented. The installation consisting of a working capacity, microwave oven, electrical drive, mixer, vacuum manometer, condensate catcher and vacuum pump, has been developed for studying the processes of microwave concentration. The duration of the processes of microwave concentration and microwave drying with simultaneous stirring was determined by means of this installation. The installation for electrical contact heating (ECH) by various electrical current by its type, form and frequency, has also been elaborated. Its main elements are working capacity, a pair of heteropolar electrodes, autotransformer, generator, commutator and current rectifier. An experimental installation consisting of IR heater, the system of support and control of ECH, and monitors, has been developed for the combined frying with ECH. The investigations carried out in these installations allowed the authors determine the reduction of the duration of microwave concentration (drying) due to the increase of penetrating ability of microwave energy and reduction of diffusion resistance, decrease of temperature pattern non-uniformity under ECH, and reduction of frying duration due to ECH.

Keywords: *installation, electrophysical, treatment, microwave, heating, vacuuming, ECH, frying, concentration, drying.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Серед актуальних завдань, що постають перед підприємствами з переробки харчової сировини, одне з провідних місць посідає зниження витрат енергетичних та матеріальних ресурсів. До найбільш енерговитратних виробництв належить теплова та тепломасообмінна обробка (варення, жарення, висушування сировини тощо). Унаслідок цього відповідні процеси та апарати можуть бути малоефективними та потребувати вдосконалення. Вирішення такого завдання можливе шляхом розширення застосування комбінованих процесів, розроблених з урахуванням особливостей як традиційних, так і нетрадиційних методів обробки, наприклад, електрофізичних.

Із позиції енергоефективності та забезпечення високого рівня збереження харчових речовин до перспективних електрофізичних методів належить мікрохвильова вакуумна обробка, що здійснюється в електромагнітному полі надвисоких частот (НВЧ-полі) та електроконтактне нагрівання (ЕКН). Проте режими відповідних процесів є недостатньо вивченими з точки зору як енергоефективності,

так і якості готової продукції. Варто зазначити відсутність систематизованих даних про комплекс теплофізичних, діелектричних, електрофізичних та інших властивостей складних харчових систем як рецептурної основи харчової продукції, з урахуванням їх складу, структури, стану та ін., що стримує запровадження таких методів обробки й потребує проведення системних теоретичних та експериментальних досліджень.

Створення такого комплексу даних зумовлює необхідність технічного забезпечення проведення експериментальних досліджень. Це, у свою чергу, потребує розробки сучасних лабораторних установок на базі інноваційних технічних рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У харчовій промисловості застосовують різноманітні технологічні процеси обробки продуктів, що засновані на використанні електричного струму [1]. Такі методи називають електрофізичними (ЕФМ). Вони реалізуються за рахунок електричних полів різноманітної структури: постійної, що в свою чергу поділяється на однорідну й неоднорідну; змінної; та тієї що схрещується (електрична та магнітна) [2].

ЕФМ базуються на досягненнях електрофізики, електрична енергія в них без проміжних перетворень використовується як самостійний робочий інструмент. Фізичною основою таких процесів є силовий вплив електромагнітних полів на електророзаряджені частинки харчових продуктів. Цей напрям називають електронно-іонними технологіями (ЕІТ) [3].

Електронно-іонні технології – галузь науки та техніки, що вивчає явища, пов'язані з утворенням електричних зарядів та їх рухом у електричних полях. Переваги електронно-іонних технологій полягають у тому, що більшість харчових продуктів та сировини піддається впливу сил електричних полів; електрична енергія безпосередньо впливає на продукт, що виключає проміжне перетворення на інші види енергії; процеси ЕІТ безперервні та ін. ЕІТ поділяють на ті, що здійснюють за рахунок електричних полів (електродіаліз, електроосмос) та ті, що інтенсифікуються електричним полем (сушіння, екстрагування та ін.). ЕФМ характеризуються напругою, силою струму, тривалістю впливу та різняться частотою коливання електромагнітних полів й методом впливу на об'єкт та бувають безконтактні та контактні [3–5].

Низькі частоти зазвичай використовують для впливу на речовину безпосередньо електричним струмом (ЕКН, електроплазмоліз, індукційне нагрівання). У діапазонах високих частот ВЧ та НВЧ впливають на речовину найчастіше шляхом поляризаційних механізмів, а більш високих частот – за рахунок резонансних явищ на молекулярному рівні.

Безконтактні методи характеризуються впливом електричного струму на продукти, за якого відсутні електроди, тобто об'ємним методом. Серед них обробка в електростатичному полі, ВЧ, НВЧ та ІЧ-методи нагрівання тощо. До контактних методів належать способи електрохімічного (електроплазмоліз та електрофлотажія) та теплового впливу струму на продукт (стерилізація та пастеризація, електростимуляція, ЕКН) [5].

Мета статті – розробка сучасних лабораторних установок та дослідження електрофізичних методів обробки харчової сировини.

Виклад основного матеріалу дослідження. Виконання поставленого завдання полягало в розробці трьох лабораторних установок та проведенні низки експериментальних досліджень. Так, для вивчення процесів НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння за умов вакуумування з перемішуванням розроблено установку, принципову схему якої наведено на рисунку 1. Вона 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 вихідний трубопровід 5 для відводу конденсату. У системі трубопроводів для відводу конденсату 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.

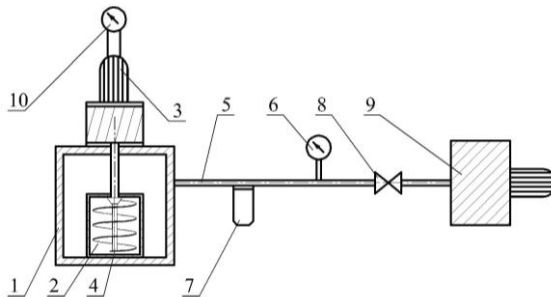


Рис. 1. Схема лабораторної установки НВЧ-нагрівання та вакуумування:
1 – НВЧ-піч; 2 – ємність; 3 – електропривід; 4 – мішалка; 5 – трубопровід;
6 – мановакууметр; 7 – конденсатовідводчик; 8 – вентиль;
9 – вакуумний насос; 10 – тахометр

Дослідження НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння здійснюється в такий спосіб. Підготовлена сировина в подрібненому

вигляді завантажуються у ємність 2, яку розміщують у робочій камері НВЧ-печі і зафіксують. До осі електроприводу закріплюють мішалку 4, після чого закривають дверці НВЧ-печі. Вмикають вакуумний насос 9 і контролюють тиск за допомогою мановакууметра 6. Після цього до електромережі вмикають НВЧ-піч і електропривід 3. Швидкість руху мішалки контролюють за допомогою тахометра 10. Температура в робочій камері НВЧ-печі залежить від глибини вакуумування в робочій зоні камери й регулюється за допомогою вентиля 8. У разі необхідності установка також може працювати без застосування мішалки. Час обробки залежить від виду вихідної сировини та контролюється секундоміром.

Із застосуванням наведеної установки визначалась тривалість процесів НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння за одночасного перемішування. Отримані результати наведені у таблиці 1. Їх аналіз показав, що під час НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння з використанням постійного перемішування не спостерігається розбіжностей залежно від глибини вакуумування. У досліджуваному діапазоні потужності 0,5...2,0 кВт для суміші подрібнених коренів тривалість НВЧ-концентрування складає 53...15 хв, а для суміші подрібненої зелені – 88...25 хв. Тривалість НВЧ-сушіння для першого випадку складає 32...9 хв, для другого випадку – 52...14 хв.

Таблиця 1

Тривалість процесів НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння сумішей подрібнених коренів та зелені прямих овочів за умов вакуумування та перемішування

Потужність нагрівання P , кВт	Тривалість процесу τ 60^{-1} , с			
	НВЧ-концентрування ($\omega_n = 85\%$, $\omega_k = 50\%$)		НВЧ-сушіння ($\omega_n = 50\%$, $\omega_k = 10\%$)	
	суміш коренів	суміш зелені	суміш коренів	суміш зелені
0,5	53 ± 3	88 ± 4	32 ± 2	52 ± 3
1,0	32 ± 2	52 ± 3	18 ± 1	30 ± 2
1,5	19 ± 1	32 ± 2	12 ± 1	21 ± 1
2,0	15 ± 1	25 ± 1	9 ± 1	14 ± 1

При порівнянні з попередньо проведеними дослідженнями НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння сумішей подрібнених коренів та зелені прямих овочів без перемішування було визначено ефект скорочення

тривалості досліджуваних процесів, що виникає внаслідок здійснення перемішування сировини під час НВЧ-обробки. Для діапазону вакуумування $p = 40 \dots 50$ 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%.

Наступні дві розроблені лабораторні установки призначені для вивчення ЕКН та комбінованих процесів із його застосуванням.

Зокрема, установка, наведена на рисунку 2, дозволяє здійснювати ЕКН різним за типом, формою та частотою електричним струмом у трьох режимах.

У першому режимі здійснюється ЕКН постійним струмом. Електричний струм із випрямляча 16 при увімкненому вимикачі S1 та вимкнених вимикачах S2 і S3 подається до електродів 5. Значення напруги та сили струму простежують за показаннями вбудованих у випрямляч 16 вольтметра та амперметра.

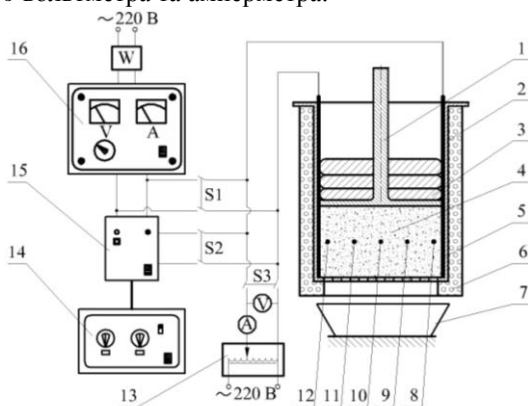


Рис. 2. Схема лабораторної установки для дослідження ЕКН: 1 – напрямна; 2 – робоча смішність; 3 – навантаження; 4 – зразок; 5 – електроди; 6 – теплоізолююче кільце; 7 – смішність для збирання рідини; 8–12 – ртутні термометри; 13 – лабораторний автотрансформатор; 14 – низькочастотний генератор сигналів; 15 – комутатор; 16 – випрямляч електричного струму; S1–S3 – вимикачі

У другому режимі – ЕКН змінним струмом прямокутної форми. При цьому вмикають комутатор 15 та вимикач S2, вимикають вимикачі S1 і S3. З комутатора 15 електричний струм із частотою, заданою на низькочастотному генераторі сигналів 14, подається до

електродів 5. Напругу та силу струму, як і в попередньому випадку, визначають за приладами, вмонтованими у випрямляч 16.

У третьому режимі – ЕКН змінним струмом синусоїдальної форми з частотою 50 Гц. При цьому вмикають вимикач S3, вимикають вимикачі S1 і S2. Електричний струм із заданою напругою до електродів 5 подається від лабораторного автотрансформатора 13. До електричного кола для простеження за напругою та силою струму включено вольтметр та амперметр.

Дослідження ЕКН здійснюється в такий спосіб. У робочій ємності 2, що має теплоізолююче кільце 6, через розташований між електродами 5 зразок 4 пропускається електричний струм заданого типу, форми, частоти, напруги та сили струму, що викликає його нагрівання. При цьому рідина, яку під час ЕКН втрачає зразок 4, видаляється крізь отвори в робочій ємності 2 та збирається в ємності 7. Зміна температури та кулінарну готовність зразка 4 визначається за показаннями ртутних термометрів 8, 9, 10, 11 та 12. Напряму 1 з навантаженням 3 можна використовувати під час досліджень впливу тиску на зразки під час ЕКН. Нагрівання здійснюється з одночасним вимірюванням кожні 60 с сили струму (показання амперметра) та температури. Контроль за часом обробки здійснюється секундоміром.

Зважаючи на важливість такого показника, як нерівномірність температурного поля за об'ємом виробів, на вищезазначеній лабораторній установці було досліджено зміну температури зразків із натуральної січеної м'ясної маси у п'яти точках (термометри 8–12 на рис. 3) під час їх обробки методом ЕКН. Параметри нагрівання: змінний електричний струм прямокутної форми з частотою 50 Гц та напругою 40 В. Результати досліджень наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Зміна температури дослідних зразків під час ЕКН

Час нагрівання, с	Температура в точках вимірювання, °C ($\pm 2^\circ$ C)				
	1	2	3	4	5
90	39	38	36	38	42
180	72	69	68	71	74
270	98	93	90	92	97

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що вже через 90 с після початку нагрівання спостерігається деяка нерівномірність температурного поля в межах 3...6° C. При цьому відзначається більш висока температура в приелектродних шарах щодо всього іншого об'єму

зразка. Через 180 с процесу така нерівномірність дещо збільшується і становить 4...7° С, а через 270 с – 7...9° С. Різниця в температурі протилежних приелектродних шарів складає 2...3° С, тобто знаходиться в межах похибки експерименту. Більш висока температура, що спостерігається в приелектродних шарах, може пояснюватися нагріванням електродів під впливом електричного струму й передачею теплоти від них до поверхні зразка шляхом теплопровідності.

Також у рамках дослідження розроблено експериментальну установку для комбінованого жарення з ЕКН. Відповідно до її принципової схеми (рис. 3) основними конструктивними елементами є діелектричний корпус 1 та теплоізолюючий кожух 2. Корпус 1 має два шарнірно закріплені нижню та верхню частини, що закриваються механічним затискувачем 3. У верхній частині закріплено відбивач 4 з ІЧ-нагрівачем 5, що контролюється блоком управління 6, та зроблено отвір для розміщення парового клапану 7. 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. Випрямляч струму 10 має регулятор напруги, вольтметр і амперметр. Поверхнєве нагрівання забезпечується за рахунок розташованого в нижній частині корпусу нагрівача 13 у вигляді ТЕНу та автоматичної подачі до нього напруги від джерела живлення блоком управління 6. Вмикання та вимикання подачі напруги до ТЕНу 13 здійснюється залежно від температури на нагрівальній поверхні, що контролюється датчиком 14. Області, де розташовані нагрівачі, теплоізолювано термостійкими прокладками 15 та закрито кришками за допомогою болтових з'єднань 16. Для визначення температури всередині продукту під час нагрівання використовується датчик температури 17, підключений через послідовний порт СОМ1 до комп'ютера 18. Кінетика температури фіксується програмою VT-48.exe на комп'ютері 18 та виводиться на його дисплей. Відкривання установки здійснюється після виймання корпусу 1 з теплоізолюючого кожуху 2 за допомогою ручок 19.

Методика досліджень є такою. За допомогою блока управління 6 встановлюють потужність поверхневого та ІЧ-нагрівання. На генераторі 12 задають частоту зміни електричного струму, а на силовому випрямлячі 10 – напругу ЕКН. Далі за допомогою ТЕНу 13 розігрівають робочу поверхню до температури жарення. Після цього напівфабрикат 8 розташовують у корпусі 1, попередньо встановивши в його середині датчик температури 17. Закритий корпус 1 розміщують в

теплоізолюючому кожусі 2. На блоці управління 6 вмикають ПЧ-нагрівання та від силового випрямляча 10 через комутатор 11 подають струм до електродів 9 для ЕКН. Кінетичні зміни температури всередині напівфабрикату фіксуються на комп'ютері 18 та спостерігаються на його дисплеї. Зміна сили струму спостерігається за показаннями амперметра. Час теплової обробки фіксується за допомогою секундоміра. У момент досягнення необхідної температури всередині виробу теплову обробку припиняють та, розкривши корпус, вилучають готовий продукт.

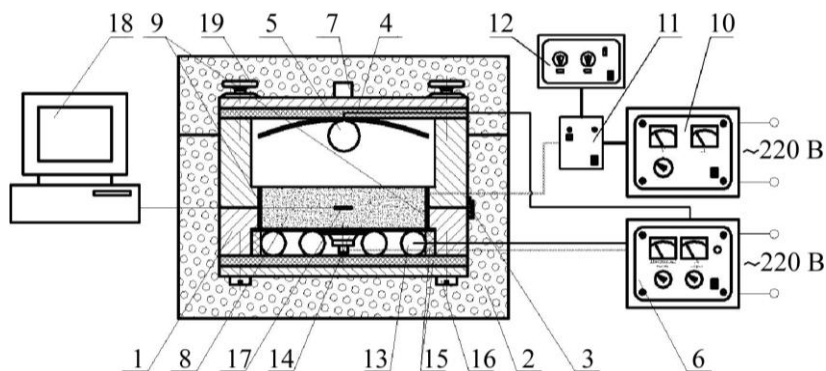


Рис. 3. Схема лабораторної установки для дослідження комбінованого жарення з ЕКН: 1 – діелектричний корпус; 2 – теплоізоляційний кожух; 3 – механічний затискач; 4 – відбивач; 5 – ПЧ-нагрівач; 6 – блок управління поверхневого та ПЧ-нагрівання; 7 – паровий клапан; 8 – напівфабрикат; 9 – електроди; 10 –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

Дослідженню на цій установці підлягали зразки з натуральної січеної м’ясної маси як контрольні використовували зразки продукції, що підлягали двобічному смаженню від нагрівальних поверхонь. Як дослідні використовували зразки продукції, що підлягали смаженню комбінованим способом з ЕКН змінним електричним струмом прямокутної форми з частотою 50 Гц та напругою 40 В. Отримані результати наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Зміна температури в центральних шарах під час жарення зразків із натуральної січеної м'ясної маси

Зразок	Температура (у моменти часу $\tau \cdot 60^{-1}$ с), °С						
	0	1	2	3	4	5	6
контроль	18 ± 2	23 ± 2	32 ± 2	48 ± 2	60 ± 2	73 ± 2	90 ± 2
дослід	18 ± 2	31 ± 2	67 ± 2	90 ± 2	–	–	–

Проведений аналіз засвідчив більш інтенсивне нагрівання комбінованим способом жарення з ЕКН. Так, у контрольного зразка на 1-й хвилині процесу спостерігається відносно незначне підвищення температури контрольного зразка, що пов'язано з нерівномірним розподілом теплової енергії за об'ємом зразка (температура є більшою в поверхневих шарах, ніж у центральних). Далі до завершення процесу температура збільшується майже рівномірно. Під час досліджень комбінованого способу жарення з ЕКН (дослідний зразок) спостерігається рівномірне прогрівання всіх шарів виробу, процес термообробки скорочується в 2 рази. Висока швидкість нагрівання спостерігається протягом 1-ї та 2-ї хв процесу, а наприкінці дещо зменшується внаслідок зміни електропровідних властивостей досліджуваного зразка. У результаті зразок досягає температури 90° С в центрі приблизно через 180 с. При цьому на поверхні виробу формується скоринка, притаманна жареним виробам, що підтверджує ефективність комбінованого способу.

Висновки. Розроблено нові сучасні установки для дослідження електрофізичних методів обробки харчової сировини. За допомогою лабораторної установки для НВЧ-нагрівання та вакуумування при організації механічного перемішування рослинної сировини встановлено, що внаслідок збільшення проникної здатності НВЧ-енергії та зменшення дифузійного опору продукту скорочується тривалість НВЧ-концентрування (сушіння). Лабораторна установка для ЕКН дозволила спостерігати суттєве зменшення нерівномірності температурного поля за об'ємом зразка порівняно з традиційними способами нагрівання. Дослідженнями на установці для комбінованого жарення з ЕКН встановлено скорочення тривалості термообробки порівняно з двобічним жаренням.

Таким чином, підтверджено ефективність запропонованих розробок, що також можуть бути корисними для подальших досліджень процесів термообробки різноманітної харчової сировини.

Список джерел інформації / References

1. Технологічні особливості електроконтактних методів обробки харчових продуктів / О. І. Черевко, В. М. Михайлов, І. В. Бабкіна, А. О. Шевченко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. – Х. : ХДУХТ, 2010. – Вип. 2 (12). – С. 124–128.

Cherevko, O.I., Mykhailov, V.M., Babkina, I.V., Shevchenko, A.O. (2010), “The technological features electric methods of food processing”, [“Tehnologichni osoblivosti elektrokontaktних metodiv obrobki harchovih produktiv”] *Progressive technique and technology of food production of restaurants and trade*, KhDUKht, Kharkiv, NO. 2 (12), pp. 124-128.

2. Бутков В. В. Процессы и аппараты химической технологии с использованием электрических полей / В. В. Бутков, В. В. Вишняков. – М. : НИИТЭХИМ, 1982. – 48 с.

Butkov, V.V., Vishnyakov, V.V (1982), *Processes and apparatuses of chemical technology with using of electrical fields* [Protessyyi i apparaty himicheskoy tehnologii s ispolzovaniem elektricheskikh poley], НИТЕНИМ, Moscow, 48 p.

3. Иванов Е. Л. Новые физические методы обработки пищевых продуктов. Лекция для студентов технологического факультета / Е. Л. Иванов. – Л., 1982. – С. 20-48.

Ivanov, E.L. (1982), *New physical methods of food processing. The lecture for students of the faculty of technology* [Novyye fizicheskie metody obrabotki pischevyih produktov. Leksiya dlya studentov tehnologicheskogo fakulteta], Leningrad, pp. 20-48.

4. Промтов М. А. Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества : учеб. пособие / М. А. Промтов. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 136 с.

Promptov, M. A. (2004), *Machines and apparatus with pulsed energy effects on processed materials* [Mashiny i apparaty s impulsnyimi energeticheskimi vozdeystviyami na obrabatyvaemye veshchestva], Mashinostroenie-1, Moscow, 136 p.

5. 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 / О. І. Черевко, В. М. Михайлов, І. В. Бабкіна, А. О. Шевченко, О. Г. Дьяков. – Х. : ХДУХТ, 2012. – 151 с.

Cherevko, O.I., Mykhailov, V.M., Babkina, I.V., Shevchenko, A.O., Diyakov, O.G. (2012), *New technical decisions in designing the equipment for heat processing of food raw materials. 2. Use of electric contact heating in the processes of culinary products frying* [Novi tekhnichni rishennia v proektuvanni obladdannia dlia teplovoi obrobky harchovoi syrovyny. Vykorystannia elektrokontaktного nahrivannia v protsesakh zharennia kulinarnoi produktsii], KhDUKht, Kharkiv, 151 p.

Михайлов Валерій Михайлович, д-р техн. наук, проф., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський

державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051; e-mail: mychailov@kharkov.com.

Михайлов Валерій Михайлович, д-р техн. наук, проф., кафедра процесов, апаратів та автоматизації пищевих производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051; e-mail: mychailov@kharkov.com.

Mykhailov Valeriy, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Processes, apparatus and automation of food productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovsky str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051; e-mail: mychailov@kharkov.com.

Бабкіна Ірина Володимирівна, канд. техн. наук, проф., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051; e-mail: prociap_hduht@mail.ru.

Бабкина Ирина Владимировна, канд. техн. наук, проф., кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051; e-mail: prociap_hduht@mail.ru.

Babkina Irina, Candidate of Technical Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.), Professor, Department of Processes, apparatus and automation of food productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovsky str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051; e-mail: prociap_hduht@mail.ru.

Шевченко Андрій Олександрович, канд. техн. наук, ст. викл., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051; e-mail: andshev@mail.ua.

Шевченко Андрей Александрович, канд. техн. наук, ст. преп., кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051; e-mail: andshev@mail.ua.

Shevchenko Andrey, Candidate of Technical Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.), Senior Lecturer, Department of Processes, apparatus and automation of food productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovsky str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051; e-mail: andshev@mail.ua.

Михайлова Світлана Володимирівна, канд. техн. наук, ст. викл., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051; e-mail: prociap_hduht@mail.ru

Михайлова Светлана Владимировна, канд. техн. наук, ст. преп., кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051; e-mail: prociap_hduht@mail.ru

Mykhailova Svitlana, Candidate of Technical Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.), Senior Lecturer, Department of Processes, apparatus and automation of food productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovsky str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051; e-mail: prociap_hduht@mail.ru

Авдєєв Сергій Сергійович, магістрант, кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051; e-mail: 94avdeev94@gmail.com.

Авдеев Сергей Сергеевич, магистрант, кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051; e-mail: 94avdeev94@gmail.com.

Avdeev Sergey, master student, Department of Processes, apparatus and automation of food productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovsky str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051; e-mail: 94avdeev94@gmail.com.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук. О.І. Черевком.
Отримано 1.08.2014. ХДУХТ, Харків.*

УДК 643.33:635.965.2

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ АПАРАТІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПОРОШКОПОДІБНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Л.В. Кіптела, О.С. Загорулько, Н.О. Афукова, А.М. Загорулько

Розглянуто розробку та вдосконалення технологічного обладнання консервної промисловості для виробництва рослинних напівфабрикатів з інтенсифікацією теплообміну шляхом зменшення зони нагрівання роторного плівкового апарата за рахунок створення стійкого турбулентного режиму в нагрівальній оболонці апарата, з можливістю подальшого досушування у вальцьовій ІЧ-сушарці до вмісту 85...92% СР, із метою отримання порошкоподібних напівфабрикатів рослинного походження високої якості та зі значним вмістом БАР.

***Ключові слова:** інтенсифікація, роторно-плівковий апарат, вальцьова ІЧ-сушарка, рослинний, високоякісний, порошкоподібний.*