

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. Кіптєла, 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.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ АППАРАТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКООБРАЗНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Л.В. Киптелая, А.Е. Загорулько, Н.А. Афукова, А.Н. Загорулько

Рассмотрена разработка и совершенствование технологического оборудования консервной промышленности для производства растительных полуфабрикатов с интенсификацией теплообмена путем уменьшения зоны нагрева роторного пленочного аппарата за счет создания устойчивого турбулентного режима в греющей оболочке аппарата, с возможностью дальнейшего досушивания в вальцовой ИК-сушилке до содержания 85...92% СВ, с целью получения порошкообразных полуфабрикатов растительного происхождения высокого качества и со значительным содержанием БАВ.

Ключевые слова: интенсификация, роторный пленочный аппарат, вальцовая ИК-сушилка, растительный, высококачественный, порошкообразный.

INTENSIFICATION OF APPARATUSES FOR THE MANUFACTURE OF POWDERY SEMI-FINISHED PRODUCTS FROM VEGETABLE RAW MATERIAL

L. Kiptelaya, A. Zagorulko, N. Afukova, A. Zagorulko

Technological equipment in canning industry for the manufacture of vegetable semi-finished products with the intensified thermal exchange is elaborated and improved. The result is achieved by reducing the rotary film apparatus area due to the creation of a stable turbulent condition in a heating cover of the apparatus with the capability of further drying in a rotary drum IR-drier to the CP content 85...92%. The purpose is to receive high quality powdery semi-finished products of vegetable origin with an enormous content of BAS.

Keywords: intensification, rotary film apparatus, IR-dryer, vegetative, high quality, powdery.

Постановка проблеми у загальному вигляді. На сьогодні у зв'язку зі складним екологічним станом в Україні та інших Європейських країнах зростає потреба в напівфабрикатах рослинного походження, зокрема з плодоовочевої сировини, що містять значну кількість біологічно активних речовин (БАР), мають приємний запах і зовнішній вигляд, а також продаються за доступною ціною. Саме ці критерії є головними чинниками під час виробництва даної продукції, що підвищує попит у споживачів. Особливо це стосується порошкових напівфабрикатів на основі плодоягідної сировини, які вимагають щадного режиму теплової обробки з одночасною стерилізацією. Найважливішими технологічними процесами під час виробництва фруктових порошків із плодоягідної сировини є нагрівання пастоподібного продукту, його концентрування та висушування до порошкоподібного стану.

Нагрівання пореподібних продуктів, у яких тепло поширюється головним чином за рахунок теплопровідності, до кипіння з подальшою концентрацією та контактним сушінням є складним технічним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для покращення перероблення рослинної сировини передбачається здійснити технічне переозброєння підприємств на основі оснащення їх ефективним і надійним обладнанням, яке має високу продуктивність, економічність та надійність, що дозволить значним чином виключити псування та втрати продуктів за рахунок короткотривалості та низькотемпературних умов їхньої термообробки з одночасною стерилізацією.

Під час виробництва фруктових порошків має місце концентрація пюре та соків у випарних апаратах, після чого здійснюється їхнє сушіння в розпилюючих, барабанних або інших сушарках.

Застосування роторно-плівкового апарата (РПА) [1] у консервній промисловості для концентрування фруктових пюре з рослинної сировини дозволяє значно інтенсифікувати процес та здійснювати необхідне концентрування продукту за один прохід через апарат за тривалості процесу в декілька секунд до 30...60% СР. У РПА практично відсутні необоротні зміни якісних показників фруктових пюре, зберігаються вітаміни, знижуються енерговитрати на здійснення цього процесу. Процес випарювання цих продуктів звичайно здійснюється за залишкового тиску 8...21 кПа й температури 60...70°C.

При цьому для подальшого досушування концентрованої сировини до вмісту 85...92% СР використовують вальцові сушарки, що мають контактний спосіб сушіння. Принцип дії вальцової сушарки полягає в контакті попередньо концентрованої сировини з нагрітою робочою поверхнею рифленого барабана. Швидкість обертання барабана обирається згідно з розрахунком, а саме сировина повинна сушитися за одне обертання робочого пристрою (барабана).

Обігрів робочої поверхні (барабана) досягається поданням до внутрішнього простору барабана нагрітої пари під деяким тиском. Недоліком таких конструкцій вальцових сушарок є велика енерго- та металоємність за рахунок витрати енергії на перетворення рідини в пару та постачання її до барабана, а також важкість контролювання температури робочої поверхні барабана, що призводить до перегрівання та підгоряння сировини, тобто до зниження якості отриманої продукції, а також втрат БАР.

Іншим перспективним апаратурним вирішенням проблеми, пов'язаної із застосуванням РПА та сушарок для отримання фруктових порошків, є використання РПА вертикального або

горизонтального типу, що дозволяє одержувати концентрований продукт за один прохід через апарат із подальшим досушуванням у вальцьовій ІЧ-сушарці, яка має низькі металомісткість, енергоємність і невисокий температурний режим процесу сушіння.

Під час концентрування у РПА відбувається інтенсивно перемішування фруктового пюре лопатями ротора і при цьому відбувається додаткове руйнування її структури [2].

А подальше застосування вальцьової ІЧ-сушарки для досушування концентрованої сировини дозволяє замінити кондуктивний спосіб сушіння на об'ємний за рахунок властивостей ІЧ-випромінювання, зменшити енергоємність процесу сушіння, а утворення в робочій камері вимушеної конвекції дозволяє скасувати нерівномірність температурного поля від ІЧ-генераторів. Низький температурний режим під час проведення процесу сушіння (40...60°C) дозволяє отримати порошкоподібний напівфабрикат високої якості [3].

Мета статті. Метою є розробка 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 грюючій 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 значним вмістом БАР.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досягнення поставленої мети в Харківському державному університеті харчування та торгівлі на кафедрі процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв розроблено лабораторну установку РПА та експериментальну установку вальцьової ІЧ-сушарки, що дозволяють проводити дослідження з можливих шляхів інтенсифікації даних апаратів та процесів.

У результаті досліджень проведених на РПА, доведено, що застосування шарнірної лопаті значно інтенсифікує процес теплообміну в РПА, особливо для в'язких рідин, у результаті утворення турбулізації пограничного шару, що істотно впливає на інтенсивність теплообміну. Найчастіше нагрівання роторних плівкових апаратів здійснюється за допомогою пароводяної оболонки, рідше використовують електронагрівання за допомогою шнурових тенів. В останньому випадку для рівномірності температурного поля робочої поверхні апарата, особливо під час плівкової течії, доцільно застосувати проміжний теплоносій (кремнійорганічну рідину). Обидва способи нагрівання засвідчують хороші показники під час концентрації пюреподібної рослинної сировини.

Для досягнення вищих показників доцільно застосувати збільшення швидкості гарячого теплоносія в оболонці, що рухається в протитечії по вузьких кільцевих каналах.

Поставлене завдання вирішується шляхом створення стійкого турбулентного режиму по обидва боки поверхні апарата, що передає тепло, зменшення зони нагрівання апарата, поліпшення якості продукту, що обробляється, і різкого зниження металомісткості, а отже, і вартості таких апаратів.

На рис. 1 показано установку роторного плівкового апарата з циркуляційним насосом та ємністю для теплоносія.

Запропонована установка складається з корпусу роторного випарника 1, теплової оболонки 2 зі штуцерами введення та виведення теплоносія, штуцерами входу 3 і виходу 4 продукту, штуцером виходу вторинної пари 5, сепаратора 6, привідного шківів 7, ротора 8, що оснащений системою шарнірних лопатей 9, ємності з теном 10, системою герметизації обертового вала 11, розподільного кільця 12 та циркуляційного насоса 13.

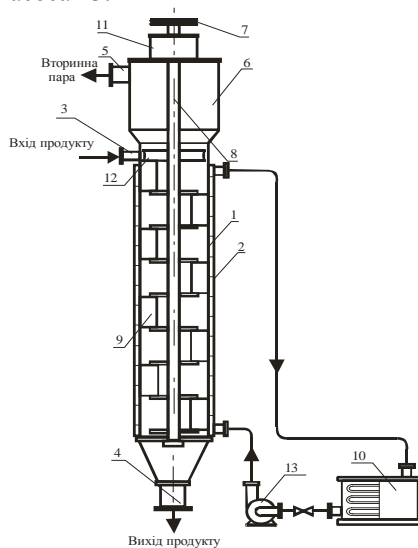


Рис. 1. Установка роторного плівкового апарата: 1 – корпус апарата; 2 – тепла оболонка; 3 – патрубок входу продукту; 4 – патрубок виходу продукту; 5 – вихід вторинної пари; 6 – сепаратор; 7 – привідний шків; 8 – вал ротора; 9 – шарнірна лопать; 10 – ємність із тенами; 11 – підшипниковий вузол; 12 – розподільне кільце; 13 – циркуляційний насос

Робота конструкції полягає в наступному. Продукт, наприклад, плодово-овочеве пюре подається в штуцер уведення, розташований у верхній частині корпусу 1 і формується в розподільному кільці 12 у вигляді рідинної плівки на поверхні теплообміну, що визначається межами поверхні оболонки теплообміну 2. Нагрівання здійснюється подачею за допомогою циркуляційного насоса 13 в оболонку 2 попередньо нагрітого в ємності з теном 13 проміжного теплоносія кремнійорганічної рідини ПФМС-4, яка рухається під тиском по вузьких кільцевих каналах оболонки, що гріє, у протитечії до продукту. Ротор 8 оснащений системою герметизації обертового вала 11 із закріпленими на ньому шарнірними лопатками 9, які переміщують тонку плівку продукту до вивантажувального патрубку 4, розташованого внизу апарата.

В основу інтенсифікації вальцевої сушарки запропоновано заміну кондуктивного способу сушіння на об'ємний за рахунок використання як агента сушіння ІЧ-випромінювання, що дозволяє проводити процес сушіння за низьких температурних режимів з одночасною стерилізацією, тобто такий спосіб є більш економічним.

На рис. 2 наведено експериментальну установку вальцевої ІЧ-сушарки [4].

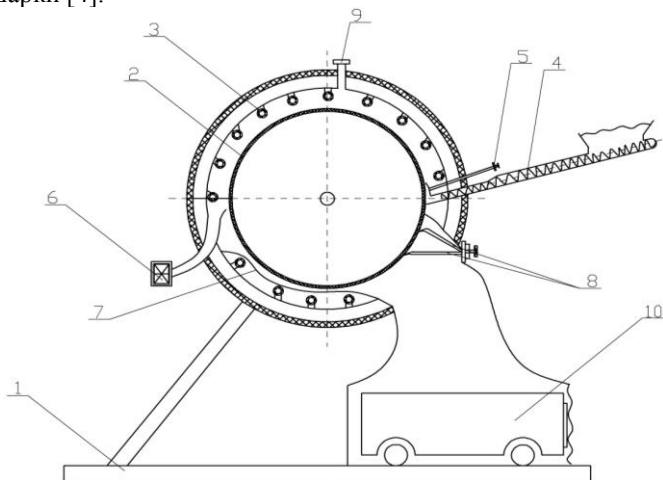


Рис. 2. Експериментальна установка вальцевої ІЧ-сушарки: 1 – опора; 2 – рифлений барабан; 3 – ІЧ-випромінювачі; 4 – нагнітальний шнек із прямокутною цавкою; 5 – притискний пристрій із підпружинною пластиною; 6 – нагнітальний вентилятор; 7 – захисний екран; 8 – зрізувальні ножі; 9 – патрубок відведення пари; 10 – накопичувальна ємність

Робота апарата полягає в наступному. Пастоподібний продукт, наприклад, плодово-ягідна паста з вмістом 26...30 % сухих речовин надходить у циліндричну ІЧ-сушарку установлену на опорі 1, через нагнітальний шнек 4 із прямокутною цавкою безпосередньо на рифлену поверхню барабана 2, що рухається проти годинникової стрілки. Притискним пристрій 5 із попружною пластиною забезпечують потрібну товщину шару сировини. Під час обертання рифленого барабана відбувається сушіння пасти ІЧ-випромінюванням з обдуванням сировини повітрям проти руху барабану з нагнітаючого вентилятора 6, що створює вимушену конвенцією, у нижній частині робочої камери змонтовано захисний екран 7, що захищає ІЧ-випромінювачі від попадання на них сировини та створює в нижній частині ІЧ-сушарки зону досушування.

Під час нагрівання продукту волога з нього випаровується й пара з робочої камери відводиться за допомогою патрубку 9, висушена сировина зрізається з рифленої поверхні барабана зрізувальними ножами 8. Порошкоподібний продукт після теплової обробки вивантажується з робочої камери сушарки до накопичувальної ємності 10.

Висновки. Переваги запропонованих винаходів з інтенсифікації апаратів полягають у наступному:

- підвищення ефективності теплообміну за рахунок створення стійкого турбулентного режиму в гріючій оболонці РПА, що передає тепло;
- зменшення металосмістності РПА та як наслідок габаритно-вагових характеристик;
- зниження тривалості процесу сушіння за рахунок вимушеної конвекції;
- підвищення якості готового продукту за рахунок м'якого обігріву, стерилізації та безпосередньої подачі сировини на рифлену поверхню барабана ІЧ-сушарки.

Саме ці дослідження дозволяють модернізувати існуюче обладнання консервних виробництв із переробки рослинної сировини у високоякісні порошкові напівфабрикати зі значним вмістом біологічно активних речовин, які можуть бути використані майже в усіх харчових виробництвах, фармакології як домішки та в натуральному вигляді.

Список джерел інформації / References

1. Василюнец И. М. Роторные пленочные аппараты в пищевой промышленности / И. М. Василюнец, А. Г. Сабуров. – М. : Агропромиздат, 1989. – 136 с.

Vasylyunec, Y.M., Saburov, A.H. (1989), *Rotary Film machines in the food industry [Rotornye plenochnyye apparaty v pyshchevoj promyshlennosti]*, Moscow, 136 p.

2. Прогрессивные процессы концентрирования нетрадиционного плодовоовощного сырья : монография / А. И. Черевко, Л. В. Киптелая, В. М. Михайлов, А. Е. Загорулько; Харьк. гос. ун-т пит. и торг. – Х. : ХГУПТ, 2009. – 241 с.

Cherevko, A.I., Kiptelaya, L.V., Mikhailov, V.M., Zagorulko, A.E. (2009), *Progressive processes of concentration unconventional fruit and vegetable raw materials [Prohressywnyye processy koncentryrovanyja netradycyonnoho plodoovošchnoho syr'ja]*, Kharkov State University of Food Technology and Trade, Kharkov, 241 p.

3. Лебедев П. Д. Расчет и проектирование сушильных установок / П. Д. Лебедев. – М. : Государственное энергетическое издание, 1963. – 320 с.

Lebedev, P.D. (1963), *Calculation and design of dryers [Rasčet y proektyrovanye sušyl'nykh ustanovok]*, State Energy edition, Moscow, 320 p.

4. Пат. 90048 Україна, МПК А23В 7/028. Вальцьова ІЧ-сушарка для сушіння плодово-ягідних паст / Черевко О. І., Кіптєла Л. В., Загорулько О. С., Загорулько А. М., Шустов А. В., Товпіга Д. А. ; заявник і патентовласник Харк. держ. ун-т харч. та торг. – № u201314422 ; заявл. 09.12.2013 ; опубл. 12.05.2014, Бюл. № 9. – 4 с.

Cherevko, A.I., Kiptela, L.V., Zagorulko, E.E., Zagorulko, A.M., Shustov, A.V., Tovpyha, D.A. *Roller IR dryer for drying fruit pastes: Pat. a utility model 90048 Ukraine, IPC A23V 7/028 [Val'c'ova IČ-sušarka dlja sušinnja plodovo-jahidnykh past]*, (Ukraine), patent Hark. state. Univ food. and auction, № u201314422; appl. 09/12/2013; published. 05.12.2014, Bull. № 9, 4 p.

Кіптєла Людмила Василівна, д-р техн. наук, проф., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051.

Киптелая Людмила Васильевна, д-р техн. наук, проф., факультет оборудования и технического сервиса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051.

Kiptelaya Lyudmila, Dr. of technical sciences, Professor, Faculty of equipment and technical services, Kharkov State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovskaya str., 333, Kharkov, Ukraine, 61051.

Загорулько Олексій Євгенович, канд. техн. наук, доц., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051.

Загорулько Алексей Евгеньевич, канд. техн. наук, доц., факультет оборудования и технического сервиса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051.

Zagorulko Alexey, PhD. Sc. Associate Professor, Faculty of equipment and technical services, Kharkov State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovskaya str., 333, Kharkov, Ukraine, 61051.

Афукова Наталія Олександрівна, канд. техн. наук, доц., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051.

Афукова Наталья Александровна, канд. техн. наук, доц., факультет оборудования и технического сервиса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051.

Afukova Natalia, PhD. Sc. Associate Professor, Faculty of equipment and technical services, Kharkov State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovskaya str., 333, Kharkov, Ukraine, 61051

Загорулько Андрій Миколайович, асп., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: match_andrey@mail.ru.

Загорулько Андрей Николаевич, асп., факультет оборудования и технического сервиса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: match_andrey@mail.ru.

Zagorulko Andrey, a graduate student, Faculty of equipment and technical services, Kharkov State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovskaya str., 333, Kharkov, Ukraine, 61051. E-mail: match_andrey@mail.ru.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук В.М. Михайловим.
Отримано 1.08.2014. ХДУХТ, Харків.*

УДК 643.336547.128

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕЧІЇ НЬЮТОНІВСЬКОЇ РІДИНИ ПРИ ПЕРЕХІДНОМУ ГІДРОДИНАМІЧНОМУ РЕЖИМІ

Е.В. Білецький, О.В. Петренко

Розглянуто модель перехідної течії ньютонівської рідини в каналі на підставі уявлення про ламінарний та турбулентний режими течії, що