

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ АПАРАТІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СУШЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ ПЛОДОВО-ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ

Л.В. Кіптела, О.Є. Загорулько, А.М. Загорулько

Розроблено технологічне обладнання для виробництва плодово-ягідних напівфабрикатів. Удосконалено процес концентрування фруктового пюре в роторно-плівковому апараті за рахунок створення турбулентного режиму в нагрівальній оболонці апарата до вмісту 28...45% СР та подальше досушування отриманої пасти у вальцьовій ГЧ-сушарці до вмісту 85...92% СР для виробництва сушених рослинних напівфабрикатів високої якості зі значним вмістом БАР.

Ключові слова: *інтенсифікація, розробка, роторно-плівковий апарат, вальцьова ГЧ-сушарка, плодово-ягідна сировина, сушений напівфабрикат.*

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ АППАРАТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУШЕНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ

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

Разработано технологическое оборудование для производства плодово-ягодных полуфабрикатов. Усовершенствован процесс концентрирования фруктового пюре в роторно-пленочном аппарате за счет создания турбулентного режима в греющей оболочке аппарата до содержания 28...45% СВ и дальнейшее досушивание полученной пасты в вальцовой ИК-сушилке до содержания 85...92% СВ для производства сушеных растительных полуфабрикатов высокого качества со значительным содержанием БАВ.

Ключевые слова: *интенсификация, разработка, роторный пленочный аппарат, вальцовая ИК-сушилка, плодово-ягодное сырье, сушенный полуфабрикат.*

INTENSIFICATION OF MACHINES FOR PRODUCTION OF DRIED SEMIFINISHED PRODUCTS FROM FRUIT AND BERRY RAW MATERIALS

L. Kiptelaya, A. Zagorulko, A. Zagorulko

To improve processing of fruit and berry raw materials, it is supposed to implement technical re-equipment of the enterprises basing on their fitting out with

efficient and reliable equipment which has high productivity, economic efficiency and reliability, that will allow considerably excluding damage to and loss of products by means of reducing duration of processing and low-temperature conditions of their heat treatment.

Heating of puree-like products, in which the heat is distributed mainly due to thermal conductivity, till boiling with further concentration and contact drying is a difficult technical task.

The purpose of the article is intensification of technological equipment for implementation of the processes of concentration and drying for production of semi-finished products from fruit and berry raw materials.

The author has improved the process of concentration of fruit puree in the rotary-film evaporator through creating turbulent regime in the heating shell of the device up to the content of 28...45% DI (dry ingredients) and further finishing drying of the resulting paste in the rotary drum IR-dryer up to the content of 85...92% of DI for production of high quality dried plant semi-finished products having considerable content of BAR.

Specific features of evaporation of the puree using apple, zizifus and blueberries from 10...15 to 28...45% DI in the RFE (rotary-film evaporator) have been experimentally investigated. Modes of the device operation during concentration of fruit-berry puree have been studied.

Kinetics of moisture retention during drying in the rotary drum IR-dryer of preliminary concentrated fruit-berry paste with the layer thickness of raw material 1 mm have been presented.

The advantages of the proposed equipment are as follows: improvement of efficiency of heat exchange by means of creating sustainable turbulent regime in the heating shell of the RFE (rotary-film evaporator) which transmits the heat; reduction of specific content of metal in the RFE and as a result of dimension-weight characteristics; improvement of efficiency of heat exchange in the rotary drum IR-dryer by replacing steam heating to infrared radiation; reduction of duration of the process of IR-drying by use of forced convection and enhancing the quality of the resulting dried semi-finished product through replacing the accumulation (blowing) zone by the direct blowing of fruit and berry paste onto the working surface of the corrugated drum.

Keywords: *intensification, development, rotary-film evaporator, rotary drum IR-dryer, fruit and berry raw materials, dried cake mix.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. У зв'язку зі складним екологічним станом в Україні зростає потреба в напівфабрикатах рослинного походження, зокрема з плодово-ягідної 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 такої продукції, що підвищує попит у споживачів. Особливо це стосується сушених напівфабрикатів на основі плодово-ягідної сировини, які вимагають щадного режиму теплової обробки.

Найважливішими технологічними процесами під час виробництва сушеної плодово-ягідної сировини є нагрівання пастоподібного продукту, його концентрування та досушування.

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 переробки плодово-ягідної сировини передбачається здійснити технічне переозброєння підприємств на основі оснащення їх ефективним і надійним обладнанням [1], яке має високу продуктивність, економічність та надійність, що дозволить уникнути псування та значних втрати продуктів за рахунок зменшення тривалості обробки та низькотемпературних умов їхньої термообробки.

Під час виробництва сушених плодово-ягідних напівфабрикатів має місце концентрування поре у вакуум-випарних апаратах, після чого здійснюється їхнє сушіння здебільшого в розпилювальних сушарках.

Застосування роторно-плівкового апарата (РПА) [2] у консервній промисловості для концентрування плодово-ягідних поре забезпечить інтенсифікацію процесу за рахунок одноразового проходження продукту крізь робочу камеру апарата за декілька секунд, що забезпечить концентрування до 28...45% СР. У РПА мінімізуються необоротні зміни якісних показників плодово-ягідного поре, зберігаються вітаміни, знижуються енерговитрати. Процес випарювання цих продуктів здійснюється за залишкового тиску 8...21 кПа й температури 60...70°C.

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 має сушитися за одне обертання робочого рифленого барабана.

Обігрів робочої поверхні рифленого 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 складність контролювання температури робочої поверхні барабана, що призводить до перегрівання та підгоряння сировини, тобто до зниження якості отриманої продукції, а також втрат БАР [3].

Перспективним апаратним вирішенням проблеми, пов'язаної із застосуванням РПА та сушарок для отримання плодово-ягідних сушених напівфабрикатів, є використання РПА для одержування концентрованого продукту за одноразовий прохід його крізь робочу камеру апарата із подальшим досушуванням у розробленій вальцьовій ІЧ-сушарці на основі вдосконаленого безрефлекторного гнучкого плівкового резистивного електронагрівача випромінюючого типу (ГПРЕНВТ) [4].

Під час концентрування у РПА відбувається інтенсивне перемішування плодово-ягідного пюре лопатями ротора і при цьому відбувається додаткове руйнування його структури [5].

А подальше застосування вальцьової безрефлекторної ІЧ-сушарки для досушування попередньо концентрованої сировини дозволяє замінити кондуктивний спосіб сушіння на об'ємний за рахунок властивостей ІЧ-випромінювання, зменшити енергоємність процесу сушіння та забезпечити рівномірність розподілу теплового потоку від ІЧ-випромінювача на поверхню рифленого барабана. Низький температурний режим під час сушіння (45...60°C) дозволяє отримати сушений напівфабрикат високої якості [6].

Мета статті – підвищення ефективності процесу концентрування та сушіння плодово-ягідної сировини та його апаратне оформлення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досягнення поставленої мети в Харківському державному університеті харчування та торгівлі на кафедрі процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв вдосконалено лабораторну установку РПА та розроблено експериментальну установку вальцьової ІЧ-сушарки, що дозволяють проводити дослідження з можливих шляхів інтенсифікації цих 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 дають хороші показники під час концентрації пюреподібної плодово-ягідної сировини.

Для досягнення вищих показників доцільно збільшити швидкість гарячого теплоносія в оболонці, що рухається в протитечії вузькими кільцевими каналами.

Поставлене завдання вирішується шляхом створення стійкого турбулентного режиму в тепловій оболонці з обох боків робочої поверхні апарата, що передає тепло, зменшення зони нагрівання апарата, поліпшення якості продукту, що обробляється, і різкого зниження металоємності, а отже, і вартості таких апаратів.

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

Запропонована установка складається з таких деталей: з корпуса 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 шківa 7; ротора 8 оснащеного системою шарнірних лопатей 9; місткість із теном 10; системи герметизації обертового вала 11; розподільного кільця 12; циркуляційного насоса 13.

Робота конструкції здійснюється в такому порядку. Продукт наприклад, плодово-ягідне пюре, подається в штуцер введення, розташований у верхній частині корпуса 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 місткості з ТЕНОм 13 проміжного теплоносія кремнійорганічної рідини ПФМС-4, яка рухається під тиском вузькими кільцевими каналами оболонки, що гріє, у протитечії до продукту. Ротор 8 оснащений системою герметизації обертового вала 11 із закріпленими на ньому шарнірними лопатями 9, які переміщують тонку плівку продукту до вивантажувального патрубка 4, розташованого внизу апарата.

Експериментально досліджено специфічні особливості випаровання пюре з використанням яблук, зизифусу та чорниці від 10...15 до 28...45% СР у РПА. Вивчено режими роботи апарата під час концентрування плодово-ягідних пюре.

Як вихідний параметр обрано ступінь розподілу продукту $K = V_{\text{кон}} / V_{\text{вих}}$, де $V_{\text{кон}}$, $V_{\text{вих}}$ – об'єми концентрату плодово-ягідного пюре та вихідного пюре відповідно (рис. 2).

За невеликих витрат ($W = 0,15...0,7$ мл/с) апарат працює з недовантаженням за мінімальної товщини рідинних плівок, відбувається майже повне видалення вологи і продукт пригоряє до поверхні теплообміну.

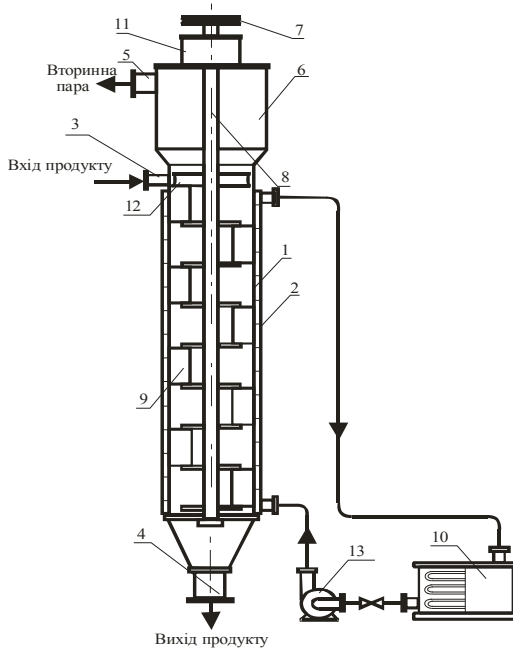


Рис. 1. Установка роторного плівкового апарата: 1 – корпус апарата; 2 – теплова оболонка; 3 – патрубок входу продукту; 4 – патрубок виходу продукту; 5 – вихід вторинної пари; 6 – сепаратор; 7 – привідний шків; 8 – вал ротора; 9 – шарнірна лопать; 10 – місткість із тенами; 11 – підшипниковий вузол; 12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

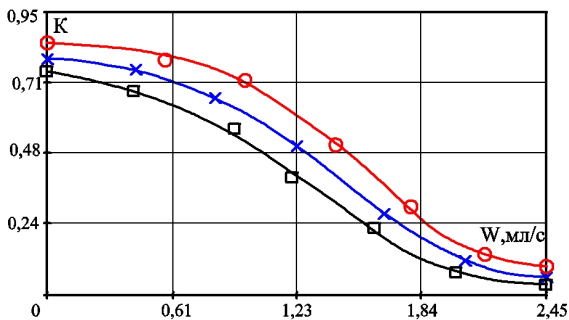


Рис. 2. Залежність коефіцієнта розподілу продукту від витрати продукту W за $p = 13$ кПа: \circ – $t=50^\circ\text{C}$; \times – $t=60^\circ\text{C}$; \square – $t=70^\circ\text{C}$

В області підвищених витрат ($W = 1,8...2,45$ мл/с) процес йде нестабільно і фактично відбувається нагрівання продукту з мінімальним ступенем випару. Найбільш стабільне видалення вологи з вихідного продукту відбувається в середній області ($W = 0,75...1,75$ мл/с), де швидкість зміни вихідного параметра максимальна.

Експериментальні залежності $K(W)$ з точністю 3% апроксимуються регресивною залежністю:

$$K = a_0 + a_1(W - x_0) + a_2(W - x_0)^3 + a_3(W - x_0)^5, \quad (1)$$

де $x_0=1,36$ – точка перегину функції $K(W)$;

a_0, a_1, a_2, a_3 – коефіцієнти рівняння.

Визначено раціональні межі поверхневого навантаження $0,034...0,113$ кг/(м²с) для концентрування плодоягідних паст в РПА.

У результаті експериментальних досліджень встановлено, що раціональне випарювання вологи (концентрування) з трикомпонентного пюре у РПА здійснюється за надлишкового тиску 13 кПа до 28...45% СР з тривалістю теплового процесу 0,7...1 хв, та подальшим досушуванням в ІЧ-полі у вальцьовій сушарці за температури 45...60°C протягом 90...120 хв за товщини шару продукту на барабані 1 мм.

Розроблений апарат для досушування попередньо концентрованих трикомпонентних паст – вальцьова ІЧ-сушарка безрефлекторного типу з раціональною формою робочої камери – належить до апаратів харчової промисловості безперервної дії. Під час проектування цієї вальцьової ІЧ-сушарки було поставлено завдання підвищити ефективність теплообміну, зменшити тривалість процесу ІЧ-сушіння за рахунок застосування вимушеної конвекції та підвищити якість отриманого продукту шляхом скасування накопичувальної (нагнітальної) зони.

Розроблена вальцьова ІЧ-сушарка безрефлекторного типу на основі ГПРЕНВТ (рис. 3) складається із циліндричного корпусу, встановленого на опорі 1, рифленого барабана 2, ІЧ-випромінювачів 3 (ГПРЕНВТ), нагнітального шнека 4 з прямокутною цавкою, прижимного пристрою 5 з підпружиненою пластиною, нагнітального вентилятора 6, захисного екрана 7 в нижній частині робочої камери, різувальних ножів 8, патрубку для відведення пари 9 та накопичувальної місткості 10 сушеної продукції.

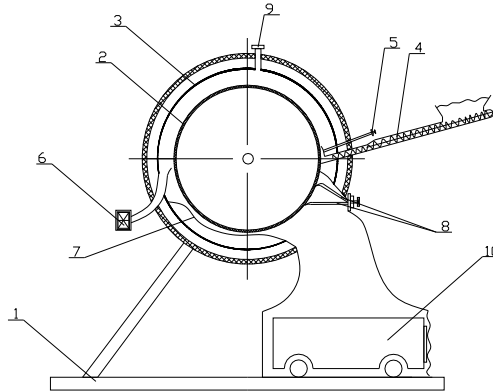


Рис. 3. Вальцюва ІЧ-сушарка безрефлекторного типу безперервної дії для сушіння трикомпонентних напівфабрикатів: 1 – опора; 2 – рифлений барабан; 3 – ГПРЕНВТ; 4 – нагнітальний шнек із прямокутною цавкою; 5 – прижимний пристрій із підпружиненою пластиною; 6 – нагнітальний вентилятор; 7 – захисний екран; 8 – зрізувальні ножі; 9 – патрубок відведення пари; 10 – накопичувальна місткість

Робота вальцювої ІЧ-сушарки полягає в такому: попередньо концентрований трикомпонентний пастоподібний продукт, наприклад плодово-ягідна паста з умістом 26...30% СР, надходить до вальцювої ІЧ-сушарки, встановленої на опорі 1 за допомогою нагнітального шнека 4 з прямокутною цавкою, що забезпечує безпосередню подачу сировини на робочу поверхню рифленого барабана 2, який рухається проти годинникової стрілки. Прижимний пристрій 5 з підпружиненою пластиною забезпечує необхідну товщину шару сировини на поверхні рифленого барабана 2.

Під час обертання рифленого барабана 2 відбувається сушіння попередньо концентрованої трикомпонентної пасту ІЧ-випромінюванням з обдуванням її повітрям проти руху барабана, що створюється за допомогою нагнітального вентилятора 6 та забезпечує вимушену конвекцію й вирівнювання можливих температурних полів у робочому просторі апарата.

Для підвищення безпеки та технічних характеристик конструкція ІЧ-сушарки має вмонтований захисний екран 7 з кутом нахилу до накопичувальної місткості 10 в нижній частині робочої камери апарата, передусім для захисту ІЧ-випромінювачів від потрапляння на них сушеної сировини та з метою створення певної зони досушування.

Під час нагрівання продукту волога з нього випаровується й пара з робочої камери апарата відводиться за допомогою патрубку 9,

висушена плодово-ягідна сировина з рифленої поверхні барабана відводиться зрізувальними ножами 8. Отриманий трикомпонентний сушений напівфабрикат після теплової обробки вивантажується з робочої камери ІЧ-апарата до накопичувальної місткості 10.

Під час ІЧ-сушіння попередньо концентрованої у РПА трикомпонентної плодово-ягідної пасти у вальцьовій ІЧ-сушарці було отримано кінетику вологовмісту попередньо концентрованої у РПА трикомпонентної плодово-ягідної пасти з часом за температур сушіння 45, 60°C, товщини шару сировини 1 мм, за умов її досушування до вологовмісту 6...8% сухих речовин (рис. 4).

Розроблений апарат є сучасною ефективною ІЧ-сушаркою безперервної дії з раціональною формою робочої камери, призначений для сушіння попередньо концентрованої трикомпонентної плодово-ягідної пасти з метою отримання сушених напівфабрикатів. Надалі планується більш детальне дослідження процесів ІЧ-сушіння в спроектованому та запатентованому апараті.

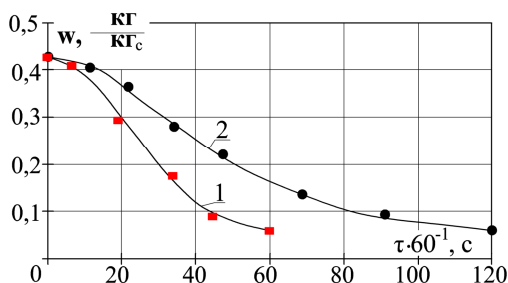


Рис. 4. Кінетика вологовмісту попередньо концентрованої у РПА трикомпонентної плодово-ягідної пасти: 1 – за температури 60°C; 2 – за температури 45°C

Запропоноване устаткування «РПА – вальцьова ІЧ-сушарка» дозволить інтенсифікувати технологічні процеси теплової обробки природної сировини.

Висновки. Переваги запропонованого обладнання полягають у такому:

- підвищенні ефективності теплообміну за рахунок створення стійкого турбулентного режиму в нагрівальній оболонці РПА, що передає тепло;
- зменшенні металоємності РПА та, як наслідок, габаритно-вагових характеристик;
- підвищенні ефективності теплообміну вальцьової ІЧ-сушарки за рахунок заміни парового обігріву на ІЧ-випромінювання;

- зменшенні тривалості процесу ІЧ-сушіння за рахунок застосування вимушеної конвекції;
- підвищенні якості отриманого сушеного напівфабрикату шляхом заміни накопичувальної (нагнітаючої) зони за рахунок безпосереднього нагнітання плодово-ягідної пасти на робочу поверхню рифленого барабана.

Список джерел інформації / References

1. Нові технічні рішення в проектуванні обладнання для теплової обробки харчової сировини : монографія в 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. – Харків : ХДУХТ, 2012. – 151 с.
Cherevko, O.I., Mykhaylov, V.M., Babkina I.V., Shevchenko A.O., D'yakov O.H. (2012), *New technical solutions in engineering of equipment for heat treatment of food raw materials: in 3 p. Part 2. The use of electrocontact heating in culinary products roasting processes* [Novi tekhnichni rishennya v proektuvanni obladnannya dlya teplovoi obrobky kharchovoyi syrovyny : monohrafiya v 3 ch. Ch. 2. Vykorystannya elektrokontaktnoho nahrivannya v protsesakh zharennya kulinarnoyi produktsiyi], KhDUKhT, Kharkiv, 151 p.
2. Василюк И. М. Роторные пленочные аппараты в пищевой промышленности / И. М. Василюк, А. Г. Сабуров. – М. : Агропромиздат, 1989. – 136 с.
Vasylyuc, Y.M., Saburov, A.H. (1989), *Rotary Film machines in the food industry* [Rotornye plenocnye apparaty v pischevoj promyslennosti], Moscow, 136 p.
3. Прогрессивные процессы концентрирования нетрадиционного плодовоовощного сырья : монография / А. И. Черевко, Л. В. Киптелая, В. М. Михайлов, А. Е. Загорулько ; Харьк. гос. ун-т вет. и торг. – Х. : ХГУПТ, 2009. – 241 с.
Cherevko, A.I., Kiptelaya, L.V., Mikhailov, V.M., Zorogulko, A.E., (2009), *Progressive processes of concentration unconventional fruit and vegetable raw materials: monograph* [Prohressyvnye processu koncentryrovannya netradytsionnoho plodoovoschnoho syr'ja], Kharkov State University of Food Technology and Trade, Kharkov, 241 p.
4. Пат. на корисну модель 108041 Україна, МПК G05D 23/19, B01D 1/22, H05B 3/36. Гнучкий плівковий резистивний електронагрівач випромінюючого типу / Загорулько А. М., Загорулько О. Є. ; заявник та патентовласник Харк. держ. ун-т харч. та торг. – № u201600827 ; заявл. 02.20.2016 ; опубл. 24.06.2016, Бюл. № 12. – 4 с.
Zagorulko, A.M., Zagorulko, E.E., (2016) *Gnuchky plivkovy elektronagrivach viprominyuyuchogo resistive type* [Gnuchkyj plivkovyj rezystyvnyj elektronagrivach viprominyuyuchogo typu], Pat. a utility model 108041 Ukraine, IPC G05D 23/19, B01D 1/22, H05B 3/36.
5. 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* [Rascet y proektyrovanye susyl'nykh ustanovok], State Energy edition, Moscow, 320 p.
6. Пат. на корисну модель 105349 Україна, МПК B01D 1/22. Вальцова ІЧ-сушарка для сушіння плодоягідних паст / О. І. Черевко, Л. В. Киптела, А. М. Загорулько, О. Є. Загорулько, А. В. Шустов, Д. А. Товпига ; заявник і власник патенту Харк. держ. ун-т харч. та торг. – № u201510162; заявл. 19.10.2015 ; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5. – 4 с.

Cherevko, A.I., Kiptela, L.V., Zagorulko, E.E., Zagorulko, A.M., Shustov, A.V., Товпуха, D.A. (2016) *Roller IR dryer for drying plodovo-jahidnyx pastes [Valcova IC-susarka dlja susinnja plodovo-jahidnyx past]*, Pat. a utility model 105349 Ukraine, IPC B01D 1/22.

Киптела 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. Тел.: 0679885152; e-mail: kiptela_L.V@hduht.edu.ua.

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. Тел.: 0679885152; e-mail: kiptela_L.V@hduht.edu.ua.

Kiptelaya Lyudmila, Dr. of technical sciences, Professor, Faculty of equipment and technical services, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Тел.: 0679885152; e-mail: kiptela_L.V@hduht.edu.ua.

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. E-mail: zagorulko@hduht.edu.ua.

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. E-mail: zagorulko@hduht.edu.ua.

Zagorulko Alexey, PhD. Sc. Associate Professor, Faculty of equipment and technical services, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: zagorulko@hduht.edu.ua.

Загорулько Андрій Миколайович, асист., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: zagorulkoAN@hduht.edu.ua.

Загорулько Андрей Николаевич, ассист., факультет оборудования и технического сервиса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: zagorulkoAN@hduht.edu.ua.

Zagorulko Andrey, assistant, Faculty of equipment and technical services, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: zagorulkoAN@hduht.edu.ua.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. О.Г. Терешкіним.
Отримано 15.10.2016. ХДУХТ, Харків.*