

*Розглянуто вдосконалення технологічного обладнання консервної промисловості для виробництва порошкових напівфабрикатів. Підвищено ефективність процесу згущення фруктового пюре у роторному плівковому апараті до вмісту сухих речовин (СР) 30–40 % за рахунок турбулентного режиму теплоносія в нагрівальній оболонці апарата. Подальше досушування фруктовий пастки відбувається у модернізованій вальцьовій ІЧ-сушарці до вмісту 88–92 % СР*

*Ключові слова: напівфабрикат, інтенсифікація, роторно-плівковий апарат, вальцьова ІЧ-сушарка, рослинний*

*Рассмотрено совершенствование технологического оборудования консервной промышленности для производства порошкообразных полуфабрикатов. Повышенная эффективность процесса концентрирования фруктового пюре в роторно-пленочном аппарате до содержания сухих веществ (СВ) 30–40 % за счет турбулентного режима теплоносителя в греющей рубашке апарата. В дальнейшем досушивание фруктовой пасты осуществляется в модернизированной вальцовой ИК-сушилке до содержания 85–92 % СВ*

*Ключевые слова: полуфабрикат, интенсификация, роторный пленочный аппарат, вальцовая ИК-сушилка, растительный*

УДК 643.33:635.965.2

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.39455

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПЛОДОЯГІДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Л. В. Кіптела

Доктор технічних наук, професор\*

О. Є. Загорулько

Кандидат технічних наук, доцент\*

А. М. Загорулько

Аспірант\*

\*Кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв  
Харківський державний  
університет харчування та торгівлі  
вул. Клочківська, 333,  
м. Харків, Україна, 61051

### 1. Вступ

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 порошоків із плодоягідної сировини є нагрівання пастоподібного продукту, його концентрування та висушування до порошкоподібного стану [1, 2].

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

### 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Для покращення перероблення рослинної сировини передбачається здійснити технічне переозброєння підприємств на основі оснащення їх ефективним і на-

дійним 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 [3–5].

Під час виробництва фруктових порошоків має місце концентрація пюре та соків у випарних апаратах, після чого здійснюється їхнє сушіння в розпилюючих, барабанних або інших сушарках [6, 7].

Застосування роторно-плівкового апарата (РПА) [8] 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 °С.

При цьому для подальшого досушування концентрованої сировини до вмісту 85...92 % СР використовують вальцьові сушарки, що мають контактний спосіб сушіння. Принцип дії вальцьової 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) [9, 10].

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 апаратним вирішенням проблеми, пов'язаної із застосуванням РПА та сушарок для отримання фруктових порошоків, є використання РПА вертикального або горизонтального типу, що дозволяє одержувати концентрований продукт за один прохід через апарат із подальшим досушуванням у вальцовій ІЧ-сушарці, яка має низьку металоємність, енергоємність і невисокій температурний режим процесу сушіння.

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

А подальше застосування вальцової 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 °С) дозволяє отримати порошкоподібний напівфабрикат високої якості [11].

### 3. Ціль та задачі дослідження

Проведені дослідження ставили за мету вдосконалення технологічного обладнання консервної промисловості для виробництва фруктових порошоків. Підвищено ефективність процесів згущення фруктового пюре у роторному плівковому апараті до вмісту сухих речовин (СР) 30–40 % за рахунок створення стійкого турбулентного режиму теплоносія в нагрівальній оболонці апарата. Подальше досушування фруктової пасти відбувається у модернізованій вальцовій ІЧ-сушарці до вмісту 85–92 % СР. Запропоноване обладнання дозволяє отримати порошкоподібні напівфабрикати рослинного походження високої якості та значним вмістом біологічно активних речовин (БАР).

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- підвищення ефективності теплообміну за рахунок створення турбулентного режиму в гріючій оболонці РПА, що передає тепло;
- зменшення металоємності РПА та як наслідок габаритно-вагових характеристик;
- зниження тривалості процесу ІЧ-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.

### 4. Експериментальна установка роторного плівкового апарату

Під час досліджень в якості основної сировини для концентрування використовували: пюре з яблук, кизилу, глоду, та пасти виготовлені на їх основі. Основна сировина відповідала вимогам діючих стандартів і технічних умов. В експериментах використовували напівфабрикати, які готували за розробленою технологічною схемою [3].

Для дослідження процесів, які відбуваються у РПА, було розроблено модель апарата та змонтовано експериментальну установку для її випробування. Зовнішній вигляд установки наведено на рис. 1.



Рис. 1. Зовнішній вигляд експериментальної установки РПА

Порівняно з традиційними трубчастими випарними апаратами даний роторний плівковий апарат має ряд істотних переваг: за однієї і тієї ж продуктивності в роторному апараті знаходиться приблизно в 10 разів менше вихідного продукту; час обробки продукту в апараті не перевищує декількох десятків секунд, що важливо не тільки для збереження харчової цінності сировини, але і його кольору; апарат працює надійно і з високов'язкими продуктами; температурний режим можна регулювати в широких межах.

### 5. Удосконалення РПА з дослідженням процесу випарювання фруктового пюре з подальшим досушуванням у модернізованій вальцовій ІЧ-сушарці

Для досягнення поставленої мети та завдань дослідження 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 теплоносіє (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. 2 показано установку роторного плівкового апарата з циркуляційним насосом та ємністю для теплоносія [12].

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.

Робота конструкції полягає в наступному. Продукт, наприклад, плодоовочеве пюре подається в штуцер уведення, розташований у верхній частині корпусу 1 і формується в розподільному кільці 12 у вигляді рідкої 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 10 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 лопатями 9, які переміщують тонку плівку продукту до вивантажувального патрубку 4, розташованого внизу апарата.

Експериментально досліджено специфічні особливості випарювання пюре з використанням яблук, кизилу та глоду від 10...15% до 30...32% сухих речовин у РПА. Вивчено режими роботи апарата під час концентрування фруктових 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 фруктових пюре та вихідного фруктових пюре відповідно (рис. 3).

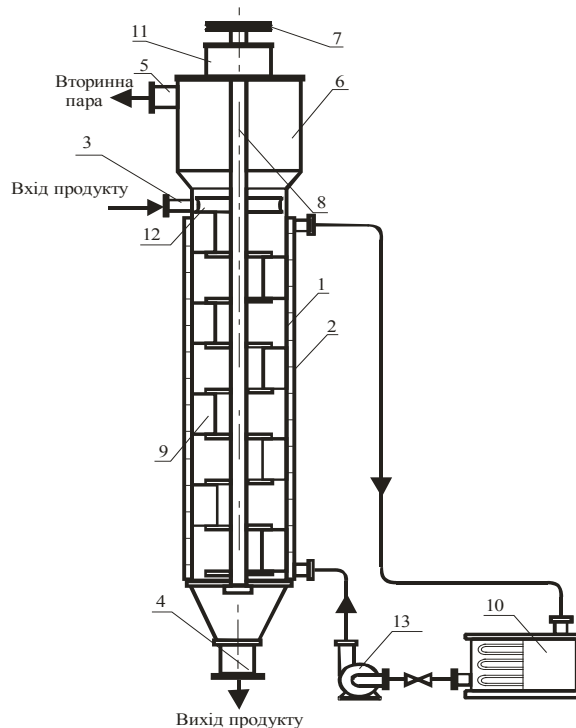


Рис. 2. Установка роторного плівкового апарата: 1 – корпус апарата; 2 – тепла оболонка; 3 – патрубок входу продукту; 4 – патрубок виходу продукту; 5 – вихід вторинної пари; 6 – сепаратор; 7 – привідний шків; 8 – вал ротора; 9 – шарнірна лопать; 10 – ємність із тенами; 11 – підшипниковий вузол; 12 – розподільне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

При невеликих витратах ( $W=0,2...0,6$  мл/с) апарат працює з недовантаженням при мінімальних товщинах рідких плівок, відбувається майже повне видалення вологи і продукт пригортає до поверхні теплообміну. В області підвищених витрат ( $W=2,0...2,5$  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 ( $W=0,8...1,8$  мл/с), де швидкість зміни вихідного параметра максимальна.

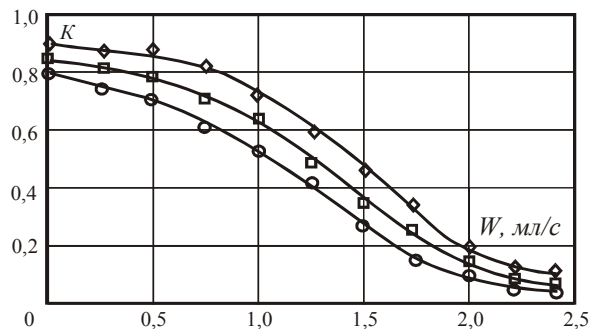


Рис. 3. Залежність коефіцієнта розподілу продукту від витрати продукту  $W$  при  $p=15$  кПа:  $\diamond$  –  $t=60$  °C;  $\square$  –  $t=70$  °C;  $\circ$  –  $t=80$  °C

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  $x_0 = 1,38$  – точка перегину функції  $K(W)$ ;  $a_0, a_1, a_2, a_3$ , – коефіцієнти рівняння.

Визначено раціональні межі поверхневого навантаження 0,044...0,122 кг/(м<sup>2</sup>·с) для концентрування фруктових паст в РПА.

В основу інтенсифікації вальцьової 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 [13, 14].

На рис. 4 наведено експериментальну установку вальцьової ІЧ-сушарки.

Робота апарата полягає в наступному. Пасто-подібний продукт, наприклад, плодово-ягідна паста з вмістом 26...30 % сухих речовин надходить у циліндричну ІЧ-сушарку встановлену 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 забезпечую потрібну товщину шару сировини. Під час обертання рифленого барабана відбувається сушіння пасту ІЧ-випромінюванням з обдуванням сировини повітрям проти руху барабану з нагнітаючого вентилятора 6, що створює вимушену конвенцію, 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 [15].

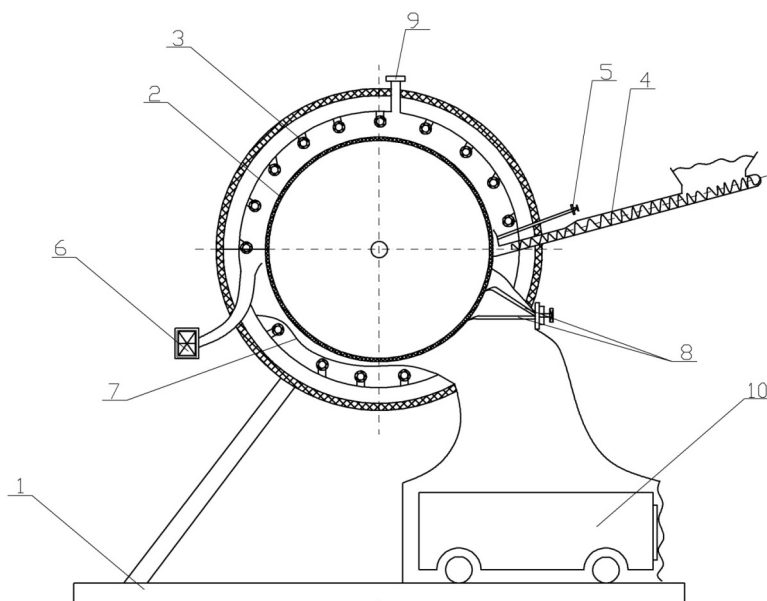


Рис. 4. Експериментальна установка вальцьової ІЧ-сушарки:

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

Під час нагрівання продукту волога з нього випаровується й пара з робочої камери відводиться за допомогою патрубка 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.

## 6. Переваги удосконаленого РПА та модернізованої вальцьової ІЧ-сушарки

Проведеними дослідженнями доведено переваги використання 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 металоємності РПА та як наслідок габаритно-вагових характеристик;
- для концентрування фруктових паст від 10...15 % до 30...32 % сухих речовин у РПА визначені раціональні межі поверхневого навантаження, які дорівнюють 0,044...0,122 кг/(м<sup>2</sup>·с).
- 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.

## 7. Висновки

Проведені дослідження з вдосконалення технологічного обладнання консервної промисловості для виробництва фруктових порошків. Підвищено ефективність процесу згущення фруктового пюре у роторному плівковому апараті до вмісту сухих речовин (СР) 30–40 % за рахунок створення стійкого турбулентного режиму теплоносія в нагрівальній оболонці апарата. Подальше досушування фруктової пасту відбувається у модернізованій вальцьовій ІЧ-сушарці до вмісту 85...92 % СР. Запропоноване обладнання дозволяє отримати порошкоподібні напівфабрикати рослинного походження високої якості та значним вмістом біологічно активних речовин (БАР).

Запропонована інтенсифікація апаратів передбачає:

- підвищення ефективності теплообміну за рахунок створення турбулентного режиму в гріючій оболонці РПА, що передає тепло;
- зменшення металоємності РПА та як наслідок габаритно-вагових характеристик;
- зниження тривалості процесу ІЧ-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.

Таким чином 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.

#### Література

1. Шаззо, Р. И. Продукты детского питания из растительного и мясного сырья инфракрасной сушки. Хранение и переработка сельхозсырья [Текст] / Р. И. Шаззо, Г. П. Овчарова. – 2005. – № 1. – С. 50–52.
2. Магомедов, М. Г. Технология получения порошкообразного полуфабриката из сахарной свеклы [Текст] / М. Г. Магомедов // Известия вузов. Пищевая технология. – 2014. – № 1. – С. 54–57.
3. Вертяков, Ф. Н. Новая технология производства порошкообразных фруктовых концентратов [Текст]: матер. IV междунар. науч.-практ. конф. / Ф.Н. Вертяков, А.Н. Остриков, Г.О. Магомедов // Потребительский рынок: качество и безопасность товаров и услуг: Орловский гос. технич. ун-т. – Орел: ОрелГТУ, 2007. – С. 467–468.
4. Остриков, А. Н. Выявление рациональных режимов концентрирования плодовых, ягодных и овощных пюре [Текст]: матер. междунар. науч.-практ. конф. / А. Н. Остриков, Ф. Н. Вертяков, А. Н. Веретенников, Д. А. Синюков // Инновационные технологии переработки сельскохозяйственного сырья в обеспечении качества жизни: наука, образование и производство. – Воронеж. гос. технол. акад., Воронеж, 2008. – 464 с.
5. Остриков, А. Н. Исследование кинетики процесса выпаривания фруктовых пюре в условиях вакуума [Текст] / А. Н. Остриков, Ф.Н. Вертяков, А. Н. Веретенников, Д. А. Синюков // Нива Поволжья. – 2008. – № 3 (8). – С. 78–81.
6. Василюк, И. М. Роторные пленочные аппараты в пищевой промышленности [Текст] / И. М. Василюк, А. Г. Сабуров. – М.: Агропромиздат, 1989. – 136 с.
7. Лебедев, П. Д. Расчет и проектирование сушильных установок [Текст] / П. Д. Лебедев. – М.: Государственное энергетическое издание, 1963. – 320 с.
8. Черевко, А. И. Прогрессивные процессы концентрирования нетрадиционного плодовоовощного сырья [Текст]: монография / А. И. Черевко, Л. В. Киптцеля, В. М. Михайлов, А. Е. Загорюлько. – Харьков. гос. ун-т пит. и торг. – Х.: ХГУПТ, 2009. – 241 с.
9. Kolesnichenko, S. L. Solving the problem of achieving the food safety of population on the example of prepared apple sauce [Текст]: VII Mezinárodní vědecko-praktická konference / S. L. Kolesnichenko, N. Y. Sapozhnikova // Aktuální možnosti vědy. – Praha, 2011. – P. 77–80.
10. Касаткин, В. В. Сушка термолabileльных материалов на установках непрерывного действия [Текст] / В. В. Касаткин, И. Ш. Шумилова // Пищевая промышленность. – 2006. – № 10. – С. 12–13.
11. Алексанян, И. Ю. Высокоинтенсивная сушка пищевых продуктов. Пеносушка. Теория. Практика. Моделирование [Текст]: монография / И. Ю. Алексанян, А. А. Буйнов. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2004. – 380 с.
12. Пат. 75479 Україна, МПК В01D 1/22. Роторний випарник [Текст] / Черевко О. І., Киптцеля Л. В., Загорюлько О. Є., Постольник Д. В., Загорюлько А. М. – заявник і патентовласник Харк. держ. ун-т харч. та торг. – № u201201439; заявл. 13.02.2012; Опубл. 10.12. 2012, Бюл. № 23. – 4 с.
13. Гинзбург, А. С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности [Текст] / А. С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 408 с.
14. Киптцеля, Л. В. ИК-сушка плодоягодного сырья [Текст] / Л. В. Киптцеля, А. Н. Загорюлько // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. – Вып. 2. – С. 80–86.
15. Пат. 90048 Україна, МПК А23В 7/028. Вальцовая ГЧ-сушарка для сушіння плодово-ягідних паст [Текст] / Черевко О. І., Киптцеля Л. В., Загорюлько О. Є., Загорюлько А. М., Шустов А. В., Товнига 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.