

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

УДК 66.047.3.049.6:635.076

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ПЛОДОООВОЧЕВИХ ВИЧАВКІВ У ВІБРАЦІЙНІЙ ВАКУУМНІЙ СУШАРЦІ

В.М. Михайлов, О.А. Маяк, А.М. Сардаров, Г.Г. Шершньов

Досліджено процес сушіння плодooовочевих вичавків в умовах вібрації під вакуумом. Розглянуто способи виробництва концентрованих продуктів із плодooовочевої сировини та конструкцію вібраційної вакуумної сушарки для плодooовочевих вичавків, що використовуються в процесі виробництва роздільних концентратів. Розраховано реологічний критерій Рейнольдса, аналіз якого дозволить визначити раціональні режими віброобробки вичавків.

Ключові слова: концентровані продукти, плодooовочева сировина, вібрація, сушіння.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ПЛОДОООВОЦНЫХ ВЫЖИМКОВ В ВИБРАЦИОННОЙ ВАКУУМНОЙ СУШИЛКЕ

В.М. Михайлов, О.А. Маяк, А.М. Сардаров, Г.Г. Шершнёв

Исследован процесс сушки плодooовоцных выжимков в условиях вибрации под вакуумом. Рассмотрены способы производства концентрированных продуктов из плодooовоцного сырья и конструкция вибрационной вакуумной сушилки для плодooовоцных выжимков, используемых в процессе производства раздельных концентратов. Рассчитан реологический критерий Рейнольдса, анализ которого позволил определить рациональные режимы виброобработки выжимков.

Ключевые слова: концентрированные продукты, плодooовоцное сырье, вибрация, сушка.

STUDY OF DRY FRUITS AND VEGETABLES POMACE IN A VIBRATING VACUUM DRYER

V. Mykhailov, O. Mayak, A. Sardarov, G. Shershnev

In the article new low-waste energy saving ways of production of partite concentrates on the basis of fruit and vegetable raw materials are considered. The

© Михайлов В.М., Маяк О.А., Сардаров А.М., Шершньов Г.Г., 2016

offered way of production of partite concentrates assumes the following basic technological processes: refinement of fruit and vegetable raw materials, equation in vacuo and vacuum drying. For the intensification of the drying process, residue vibration application is offered. Use of vibration in the course of drying, namely low-frequency fluctuations, allows to create a vibroboiling bed that intensifies the process of dispersible materials drying, solutions and suspensions due to the improvement of conditions of heat exchange between a heat carrier and a product. Namely it renders assistance to updating of a mass-exchanged surface of phases contact. Low-frequency processing of dispersible material sets it in an oscillating motion, at the same time forces of interaction between particles are considerably weakened: a sliding friction decreases, and the influence forces of the adhesion forces bond decreases. Depending on parameters of vibration and the nature of material vibration processing can render assistance to consolidation of particles, i.e. decrease porosity of a material. In the article the design of a vibration vacuum drier for drying vegetable raw materials is considered. The vibration Reynolds criterion of Rev, the analysis of which allowed to define rational modes of vibroprocessing of a residue was calculated. Experiments showed that application of vibration reduces drying process duration, and also promotes upgrade of a finished stock.

Keywords: concentrated products, fruit and vegetable raw materials, vibration, drying.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Плодоовочева сировина – це основне джерело вуглеводів, вітамінів, органічних кислот, мінеральних солей, дубильних, ароматичних та інших цінних у харчовому і лікувальному відношенні речовин. Проте в процесі їх переробки за існуючими технологіями велика частина біологічно активних речовин втрачається, тому актуальним завданням є розробка нових способів переробки плодоовочевої сировини, що дозволять зберегти харчову та біологічну цінність вихідної сировини. Такі технології дозволяють отримувати продукти лікувально-профілактичного, дієтичного харчування, у тому числі для харчування людей, які працюють у екстремальних умовах. Ці властивості мають високов'язкі концентровані продукти з плодоовочевої сировини, оскільки через високий вміст сухих речовин кількість вітамінів, мікроелементів і клітковини в них підвищена. Наразі способи виробництва роздільних концентратів із фруктів та овочів не дозволяють отримати кінцевий продукт, в якому збережені біологічно активні речовини, що містяться у вихідній сировині, а самі процеси і переробне обладнання не є достатньо ефективними і характеризуються значними енерго- і матеріалозатратами. Тому було поставлено завдання розробити обладнання та спосіб виробництва роздільних концентратів із плодоовочевої сировини, що дозволяє уникнути зазначених недоліків.

Спосіб виробництва роздільних концентратів включає підготовку плодовоовочевої сировини (миття, сортування, очищення), пресуванням поділ маси на сік та вичавки. Процес обробки соку включає фільтрування та концентрування соку шляхом випарювання під вакуумом за температури 50...55°C. Процес обробки вичавків включає подрібнення після відділення соку та сушіння сировини в умовах вібрації під вакуумом за температури 50...55°C. Концентрований сік із підсушеними вичавками змішують та купажують з лимонною кислотою й натуральним ароматизатором.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У результаті аналітичного огляду літературних джерел було встановлено, що механічні коливання впливають на дисперсну систему, примушуючи частки втрачати контакт із віброуючими робочими органами, переходячи у стан віброкіпіння [1]. Також у процесі віброкіпіння частки зменшуються, що підсилює циркуляцію та процес тепломасообміну. Відбувається розрихлення шару, що зменшує щільність середовища. Це є результатом дії на частки змушених сил, що перевершують сили їх тяжіння [2]. Серед різних форм механічних впливів на дисперсні системи в технологічних масообмінних процесах вібрація займає особливе місце як найбільш ефективний засіб створення регульованого динамічного стану дисперсних систем [3]. Таким чином, викликає інтерес дослідження кінетики вакуумного сушіння рослинної сировини в умовах дії вібраційного поля.

Мета статті – дослідження процесу сушіння рослинної сировини у вібраційній вакуумній сушарці.

Виклад основного матеріалу дослідження. Одним із способів інтенсифікації технологічних процесів у харчовій промисловості, перебіг яких супроводжується конвективною дифузиею, є досягнення максимуму активної поверхні поділу між фазами в результаті руйнування структури, у тому числі агрегатів та частинок із «оголенням» активної міжфазної поверхні й вивільненням розподіленої в структурній сітці дисперсійного середовища.

Проте створення регульованого динамічного стану в концентрованих дисперсних системах, що необхідно як для вивчення їх реологічних властивостей, так і для проведення низки хіміко-технологічних процесів, за допомогою традиційних методів неможливе. Причина полягає в неможливості досягнення під час зсувного деформування висококонцентрованих в'язкопластичних систем із рідким дисперсійним середовищем граничного руйнування структури.

Розробка апаратів і вібраційних технологій пов'язані між собою, їхнє створення неможливо без експериментального й теоретичного

вивчення процесів, що відбуваються в середовищі під час здійснення вібрації. Вібраційні сушарки є одним з прогресивних типів апаратів для сушіння.

Процес у киплячому шарі дозволяє значно збільшити поверхню контакту між частинками матеріалу і сушильним агентом, інтенсифікувати випаровування вологи з матеріалу і значно скорочує тривалість сушіння.

Для дослідження кінетики вакуумного сушіння рослинної сировини в умовах дії вібраційного поля була розроблена вібраційна вакуумна сушарка (рис. 1).

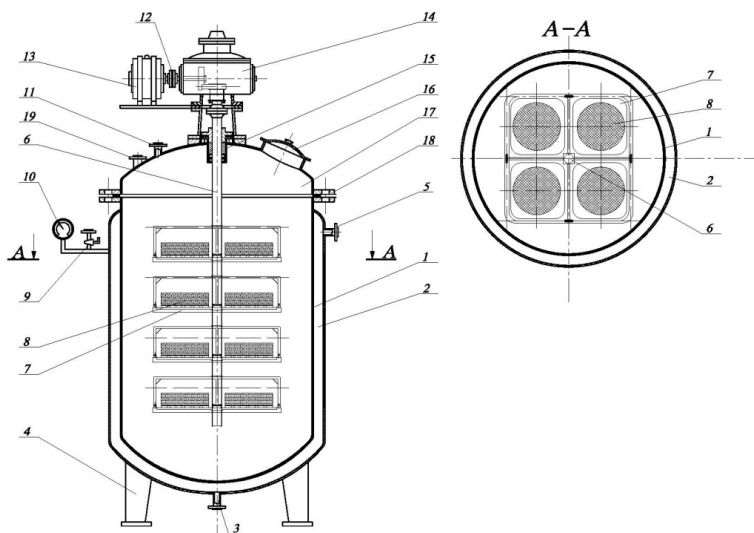


Рис. 1. Вібраційна вакуумна сушарка: 1 – робоча камера; 2 – парова сорочка; 3 – вентиль для зливу конденсату; 4 – опори; 5 – патрубок подачі пару; 6 – вал; 7 – дека; 8 – лоток для продукту; 9 – вентиль; 10 – манометр; 11 – патрубок; 12 – муфта; 13 – двигун; 14 – вібратор; 15 – металеві ущільнювачі; 16 – люк; 17 – кришка апарата; 18 – кріпильні елементи; 19 – клапан

Для аналізу впливу механічних коливань на процес тепломасообміну ми проводили теоретичні розрахунки й дослідження, а результати оброблялися в критеріях подібності. Значення Re_g підрховувалися за формулою.

$$Re_6 = \frac{V_6 \cdot d}{\nu}$$

де Re_6 – вібраційний критерій Рейнольдса;

V_6 – середнє значення швидкості коливань за один період, м/с;

d – діаметр циліндра, м;

ν – коефіцієнт кінетичної в'язкості, m^2/s .

На рис. 2 графік залежності критерію Re_6 від режимів віброобробки. На графіку видно, що Re_6 зростає за збільшення амплітуди і частоти віброобробки. Дисперсна система переходить у турбулентний режим за $A = 0,002$ м, також залежно від частоти процес віброкипіння починається за $\omega = 5$ Гц.

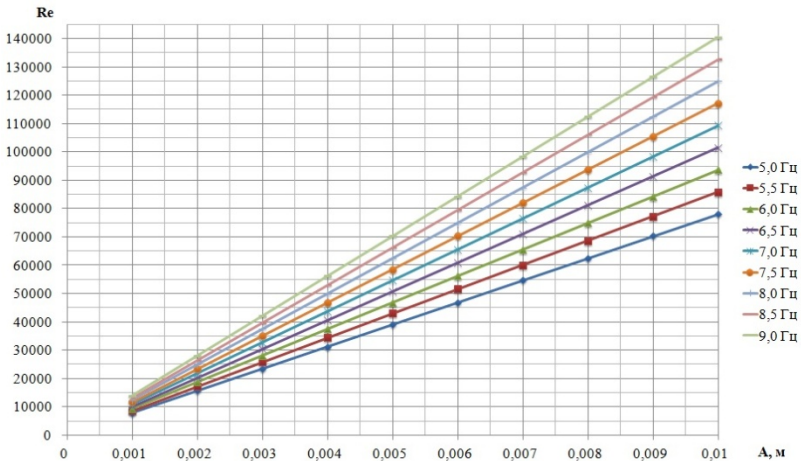


Рис. 2. Графік залежності Re_6 від режимів віброобробки

Аналізуючи розрахунки Re_6 , ми визначили оптимальні режими віброобробки, а саме: амплітуда $A = 0,005; 0,007; 0,009$ м, частота роботи $\omega = 8,0; 8,5; 9,0$ Гц, за яких продукт буде інтенсивно перемішуватися, а робочі органи віброгенератора будуть менше піддаватися зносу. Діаметр віброуючого органу буде дорівнювати $d = 0,2$ м – це оптимальний варіант, тому габарити дозволяють рівномірно розмістити сировину, а також маса лоток не впливатиме на навантаження апарата.

Висновки. Аналіз результатів експериментів показав, що застосування вібрації в процесі сушіння досліджуваних зразків сприяє прискоренню тепломасообмінних процесів. Це пояснюється тим, що вібрація сприяє перемішуванню, що призводить до збільшення масообмінної площі контакту фаз. Розглянута конструкція вібраційної вакуумної сушарки для рослинної сировини. Розрахований вібраційний критерій Рейнольдса Re_v , аналіз якого дозволив визначити раціональні режими віброобробки вичавків. Експерименти показали, що застосування вібрації скорочує тривалість процесу сушіння, а також сприяє підвищенню якості готового продукту.

Список джерел інформації / References

1. Урьев Н. Б. Пищевые дисперсные системы / Н. Б. Урьев, М. А. Талейсник. – М. : Агропромиздат, 1985. – 296 с.
Uriev, N.B. (1985), *Dispersed food systems [Pishevie dispersnie sistemi]*, Agropromizdat, Moscow, 296 p.
2. 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 [Novyie fizicheskie metody obrabotki pischevyyih produktov. Lektsiya dlya studentov tehnologicheskogo fakulteta]*, Leningrad, pp. 20-48.
3. Промтов М. А. Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества : учеб. пособие / М. А. Промтов. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 136 с.
Promtov, M.A. (2004), *Machines and apparatus with pulsed energy effects on processed materials [Mashiny i apparaty s impulsnyimi energeticheskimi vozdeystviyami na obrabatyvaemye veschestva]*, Mashinostroenie-1, Moscow, 136 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 Валерий Михайлович, д-р 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: 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: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: mychailov@kharkov.com.

Маяк Ольга Анатоліївна, канд. техн. наук, доц., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: prociar_hduht@mail.ru.

Маяк Ольга Анатольевна, канд. техн. наук, доц., кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: prociar_hduht@mail.ru.

Maуak Olga, Candidate of Technical Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.), professor of department, Department of Processes, apparatus and automation of food productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: prociapp_hduht@mail.ru.

Сардаров Азіз Мурадovich, асп., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: prociapp_hduht@mail.ru.

Сардаров Азиз Мурадovich, асп., кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: prociapp_hduht@mail.ru.

Sardarov Aziz, Graduate student, Department of Processes, apparatus and automation of food productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: prociapp_hduht@mail.ru.

Шершньов Геннадій Геннадійович, студ., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: prociapp_hduht@mail.ru.

Шершнёв Геннадий Геннадиевич, студ., кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: prociapp_hduht@mail.ru.

Shershnev Gennadiy, student, Department of Processes, apparatus and automation of food productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: prociapp_hduht@mail.ru.

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