

УДК 664.8.9

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СУШКИ ПЛОДОВО-ЯГОДНОЙ ПРОДУКЦИИ

**Ольга Александровна Зорина<sup>1</sup>**

аспирант

Тамбовский государственный технический университет

**Александр Сергеевич Зорин<sup>2</sup>**

кандидат технических наук, профессор РАЕ,

генеральный директор

**Юрий Викторович Родионов<sup>1</sup>**

доктор технических наук, профессор

rodionow.u.w@rambler.ru

<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет

<sup>2</sup>ООО «Техдайн»

г. Тамбов, Россия

**Аннотация.** В статье представлен путь создания повышенной производительности, максимального сохранения биологически активных веществ, экономичного с энергетической точки зрения процесса за счет использования двух сушилок по периодам: конвективной и конвективно-вакуумно-импульсной совмещения, применения тепловых аккумуляторов для сохранения потерь тепла, сохранения удаляемой влаги.

**Ключевые слова:** двухступенчатая вакуум-импульсная сушка, плодово-ягодная продукция, кондукция, сбор влаги.

Введение. Сушка плодово-ягодной продукции является важным этапом переработки [1]. Она широко применяется как для создания готовой продукции, так и для полуфабрикатов для последующего производства экстрактов, применяемых в пищевой, в том числе для спортивного, детского питания фармацевтической, даже строительной отраслях промышленности. Существует многообразие различных видов и способов сушке. Однако основными недостатками при сушке плодово-ягодной продукции остаются потеря биологических веществ, т.е. качества и энергозатраты. В последнее время наиболее эффективным является двухступенчатая конвективно-вакуумно-импульсная сушка [2, 3].

Цель статьи. Рассмотрение основных этапов модернизации вакуумной сушки плодово-ягодных материалов.

Методы и методика. В нашей стране вопросами вакуумной сушки растительных материалов активно занимаются такие ученые, как Иванова (Попова) И.В., Родионов Ю. В., Иванова Е.П., Зорин А.С., Перфилова О.В. [4-8]. Исследования по разработке и испытанию новых сушильных установок осуществляются в НОЦ ТГТУ-МичГАУ «Экотехнологии им. Ю.Г Скрипникова», анализы сушеных материалов проводятся в лаборатории ФГБОУ МичГАУ ЦКП «Селекция сельскохозяйственных культур и технологии производства, хранения и переработки продукции функционального и лечебно-профилактического назначения».

Обсуждение. Первым этапом создания конвективно-вакуумно-импульсной сушки было создание одноступенчатой установки. Она включает две сушильные камеры, ресивер, теплообменник, шлюзовой камеры, вакуумный и воздушный насосы, вентилятор и калорифер. Дополнительно установка содержит два теплообменника-конденсатора. При этом каждая сушильная камера соединена с одним из теплообменников-конденсаторов, а также с ресивером [9].

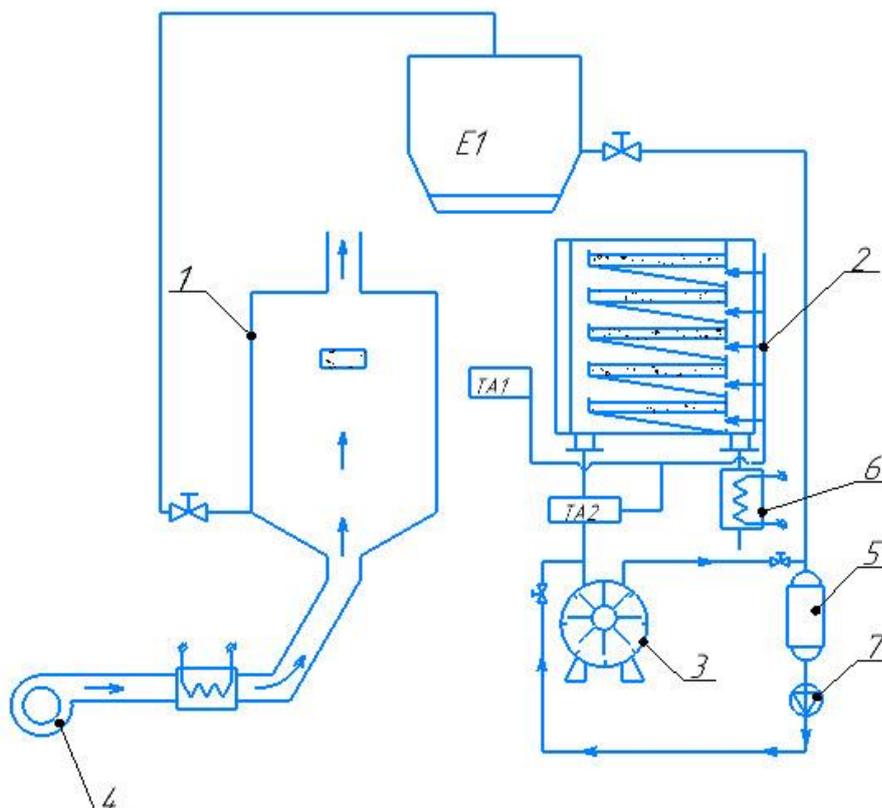
Недостатком установки является сложность отведения влаги в первом периоде сушке, не совместимость температуры и вакуума, а также недостаточная величина импульсов для сушки. Для растительных материалов с явно

выраженным первым периодом и равномерной нарезкой растительного материала предложена двухступенчатая конвективно-вакуумно-импульсная сушка с первым периодом удаления влаги в конвективной сушилке с закрученным слоем [10, 11]. Однако для сушки хмелевой-тыквенной закваске, а также многих других растительных материалов, где их состав состоит из разнородных, разно размерных частиц приходится переходить к двухступенчатой конвективно-вакуум-импульсной сушке с установкой первого периода в виде конвективной сушилки с неподвижным слоем. При сушке различных плодово-ягодных материалов совершенствование направлено по пути создания двухступенчатой комбинированной сушке, с первым периодом в виде конвективной конвейерной сушилки с тепловым аккумулятором сбора потерянного тепла и дополнительными сухими импульсами [12]. Предложенная сушка позволяет сократить потери энергии, повысить качество плодово-ягодного высушиваемого материала.

Дальнейшее совершенствование ведем по нескольким вариантам. Первый осуществляем по пути создания двухступенчатой комбинированная вакуумно-импульсная сушка, где первая ступень является конвективной сушилкой со взвешенном слоем со сбором влаги после нее, а также сбором тепла тепловым аккумулятором. Вторая ступень представляет собой вакуумно-импульсную комбинированную сушилку. Дополнительно используем сухие импульсы перед КоомВИС сушилкой. В установке используем два ЖВН с системой сбора тепла и многократное использование дополнительной жидкости (рисунок 1).

Второй вариант — это двухступенчатая комбинированная вакуумно-импульсная сушка, где первая ступень конвективная со взвешенном слоем, также после нее сбор влаги и сбор тепла, а вторая ступень представляет собой вакуумно-импульсная кондуктивную сушилку, после нее осуществляем сбор тепла и сбор влаги.

Импульсы осуществляем с помощью бескислородного газа с интервалом 30 минут.



1–Конвективная сушилка во взвешенном слое (первая ступень сушилки); 2–сушильный шкаф (вторая ступень сушилки); 3–Двухступенчатый ЖВН с последовательным включением ступеней; 4—вентилятор 5–емкость для циркуляции рабочей жидкости; 6–трубчатый электронагреватель ; 7–водяной насос.

*Рисунок 1 – Двухступенчатая комбинированная вакуумно-импульсная сушилка с организацией рециркуляции рабочей жидкости*

**Заключение.** В статье представлена значимость сушки плодово-ягодной продукции для производства функциональных продуктов питания населения страны. Согласно целям статьи представлены основные этапы развития вакуумно-импульсной сушки плодово-ягодных материалов. Начиная с конвективно-вакуумно-импульсной сушки в виде двух камер с обвязкой в виде вакуумного насоса ресивером с переходом на двухступенчатую конвективно-вакуум-импульсную сушки с первой ступенью сушилке в виде конвективной с закрученным слоем и конвективно-импульсной сушилкой шкафом второго периода , применяемого для сушки равномерных частиц, для сушки разнообразных частиц по размеру, в частности для закваски используем в первом периоде конвективную лотковую сушилку с неподвижным слоем. Продолжением работы явилось применение в первой ступени конвективной

конвейерной сушилки. И новое изобретение осуществляем созданием двухступенчатой комбинированная вакуумно-импульсная сушилки. Первая ступень - конвективная сушилка со взвешенном слоем со сбором влаги после нее и сбором тепла тепловым аккумулятором. Вторая ступень представляет собой вакуумно-импульсную комбинированную сушилку. Дополнительно используем сухие импульсы перед КомВИС сушилкой. В установке используем два ЖВН с системой сбора тепла и многократное использование дополнительной жидкости.

### Список литературы:

1. Перфилова О. В. Преимущества применения СВЧ-нагрева при переработке вторичного фруктового сырья // Технологии и продукты здорового питания: сборник статей XII Национальной научно-практической конференции с международным участием / Под общей редакцией Н.В. Неповинных, О.М. Поповой, Е.В. Фатьянова. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. 2021. С. 534-539. EDN TWCCRB.

2. Родионов Ю.В., Попова И.В., Шацкий Д.А. Сравнительный анализ эффективности сублимационной и двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушилки // Труды международного технического семинара: к 100-летию А.В. Лыкова. Воронеж. 2010. С. 160-167.

3. Энергоэффективная конвективно-вакуум-импульсная сушильная установка с тепловыми аккумуляторами: пат. 2716056 С1 Рос. Федерация. № 2019106971 / Зорин А.С., Иванова И.В., Никитин Д.В., Родионов Ю.В., Щегольков А.В.; заявл. 13.03.2019; опубл. 06.03.2020. Бюл. № 7.

4. Попова И. В. Совершенствование технологии и средств сушилки овощного сырья: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Мичуринск. 2009. 161 с.

5. Родионов Ю. В. Совершенствование теоретических методов расчета и обоснование параметров и режимов жидкостнокольцевых вакуумных насосов с учетом особенностей технологических процессов в АПК: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. Тамбов. 2013. 434 с.

6. Иванова Е.П. Разработка технологии приготовления сухой закваски на основе растительного сырья для производства хлебобулочных изделий функционального назначения: дис. ... канд. с.-х. наук: 05.18.01. Мичуринск-наукоград. 2016. 152 с.

7. Зорин А.С. Совершенствование технологии и технических средств комбинированной вакуумной сушки растительного сырья для производства чипсов: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Тамбов. 2019. 156 с..

8. Перфилова О. В. Переработка вторичного фруктово-овощного сырья с использованием электрофизических методов: расширение ресурсного потенциала и ассортимента продуктов повышенной пищевой ценности, разработка инновационных технологических решений: диссертация ... доктора технических наук: 05.18.01. Воронеж. 2019. 349 с.

9. Установка для сушки растительных материалов: пат. 2302740 С1 Рос. Федерация. № 20051335238 / Голицын В.П., Голицына Н.В.; заявитель и патентообладатель Голицын В.П. 2005.10.31; заявл. 2005.31.10; опубл. 2007.07.20. Бюл. №20.

10. Перспективная технология сушки плодов и овощей / Ю.Г. Скрипников, М.А. Митрохин, М.Ю. Коровкина [и др.] // Перспективы селекции яблони и других культур для промышленных насаждений: материалы научно-практической конференции. Мичуринск: Изд-во МичГАУ. 2007. С. 282-286.

11. Условия комбинированной конвективной вакуум-импульсной сушки растительных продуктов / И.В. Попова, Ю.В. Родионов, С.А. Щербаков [и др.] // Вопросы современной науки и практики. Университет В.И. Вернадского. 2008. Т.2. №4(14). С. 21-25.

12. Повышение энергоэффективности двухступенчатой КВИС растительного сырья / А.В. Щегольков, А.С. Зорин, Ю.В. Родионов, А.Б. Гриднев // Научные труды Международного научно-технического семинара, посвященного 75-летию со дня рождения К.А. Тимирязева. Москва. 2018. С.181-185.

UDC 664.8.9

## IMPROVING THE DRYING OF FRUIT AND BERRY PRODUCTS

**Olga A. Zorina<sup>1</sup>**

graduate student

**Alexander S. Zorin<sup>2</sup>**

Candidate of Technical Sciences

Professor of the Russian Academy of Economics

General Director

**Yuri V. Rodionov<sup>1</sup>**

Doctor of Technical Sciences, Professor

rodionow.u.w@rambler.ru

<sup>1</sup>Tambov State Technical University

<sup>2</sup>LLC «Techdayn»

Tambov, Russia

**Abstract.** The article presents a way to create increased productivity, maximum preservation of biologically active substances, an energy-efficient process through the use of two dryers according to periods: convective and convective-vacuum-pulse combination, the use of thermal accumulators to preserve heat loss, and preserve removed moisture.

**Key words:** two-stage vacuum pulse drying, fruit and berry products, conduction, moisture collection.

Статья поступила в редакцию 05.09.2023; одобрена после рецензирования 16.10.2023; принята к публикации 27.10.2023.

The article was submitted 05.09.2023; approved after reviewing 16.10.2023; accepted for publication 27.10.2023.