

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВАКУУМНОЙ СУШКИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Зайцев Ф.Д., студент 3 курса инженерного факультета  
Научный руководитель – Агеев П.С., к.т.н., доцент  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

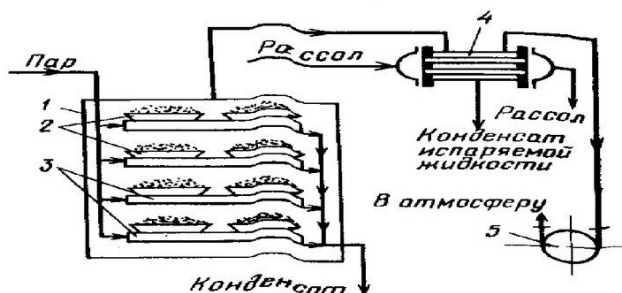
**Ключевые слова:** Вакуумная сушка, удаление влаги, пищевые продукты, низкие температуры, пониженное давление, питательные вещества, структура, вкусовые характеристики, натуральный продукт

*Работа посвящена анализу особенностей вакуумной сушки в пищевой промышленности. В ходе исследований было выявлено, насколько данный метод сушки инновационен благодаря своей экологичности, экономической эффективности из-за снижения веса конечного продукта и сохранению питательности.*

Основной задачей сушки является понижение влажности зерна до кондиционного значения [1]. Вакуумная сушка — это инновационный метод удаления влаги из пищевых продуктов, который сочетает низкие температуры и пониженное давление для сохранения питательных веществ, структуры и вкусовых характеристик (рисунок 1). В условиях растущего спроса на натуральные и функциональные продукты эта технология становится ключевым инструментом для пищевой индустрии, обеспечивая длительное хранение без потери качества [2, 3, 4, 5]. В статье рассмотрены принципы работы, преимущества, современные решения и перспективы развития вакуумной сушки в контексте пищевого производства.

Начнём же с рассмотрения физических процессов, в основе которых лежит понятие вакуумной сушки, а также рассмотрим поэтапно алгоритм работы. Вакуумная сушка удаляет влагу из продуктов при пониженном давлении и температуре, предотвращая термическую деградацию. При давлении ниже 610,5 Па вода переходит из твердой фазы (льда) в пар, минуя жидкую фазу (сублимация). Это

сохраняет до 95% питательных веществ, например, потери витамина С во фруктах составляют всего 5–10% против 50–70% при традиционной сушке. Технология особенно эффективна для кофе, ягод и готовых блюд быстрого приготовления [6, 7, 8].



**Рис. 1. Схема сушильной вакуумной установки**

1 – корпус, 2 – противни, 3 – обогреваемые паром полки, 4 – конденсатор, 5 – вакуумный насос

Далее приведены этапы технологического процесса:

- заморозка: Быстрое охлаждение до  $-40^{\circ}\text{C}$  для формирования мелких кристаллов льда, минимизирующих повреждение клеток.
- первичная сушка: Удаление 30–50% влаги при давлении 1–10 Па и температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ . Пар конденсируется на охлажденных поверхностях ( $-55^{\circ}\text{C}$ ), что предотвращает обратное осаждение влаги.
- вторичная сушка (десорбция): Температура повышается до  $+30^{\circ}\text{C}$  для удаления остаточной влаги. Это критически важно для продуктов с высоким содержанием сахаров (например, моркови), где перегрев приводит к карамелизации.

Основное же преимущество вакуумной сушки заключается в сохранении биологически активных веществ, таких как витамины и антиоксиданты, которые могут разрушаться при традиционной термической обработке. Кроме того, данный метод обеспечивает сохранность текстуры, цвета и аромата продукта. Например, исследования Кемеровского государственного университета показали,

что для моркови сорта «Витаминная» оптимальными являются температура 60°C и давление 8 кПа. Это сокращает время сушки до 30 минут при сохранении яркого цвета и минимальной деградации каротина.

Однако данный метод имеет и свои недостатки. Среди них можно отметить высокую стоимость оборудования и значительные энергозатраты. Тем не менее, современные разработки в области энергосбережения и оптимизации технологических процессов позволяют снизить эти издержки, делая вакуумную сушку более доступной для различных сегментов пищевой промышленности.

Вакуумная сушка трансформирует пищевую промышленность, предлагая решения для сохранения натуральности продуктов и снижения экологического следа. Несмотря на технологические и экономические барьеры, внедрение интеллектуальных систем и оптимизация процессов открывают путь к массовому применению метода. Уже сегодня лиофилизация используется не только для создания космического питания, но и для производства функциональных снеков, обогащенных витаминами, — тренд, который определит будущее отрасли.

#### **Библиографический список:**

1. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЗЕРНОСУШИЛКИ КОНТАКТНОГО ТИПА \ Павлушин А.А., Сутягин С.А., Курдюмов В.И., Агеев П.С. / Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13. № 2 (65). С. 22-31.
2. Курако, У. М. Введение в профессию : учебное пособие / У. М. Курако, Т. Ю. Левина. — Саратов : Вавиловский университет, 2023. — 64 с.
3. Тепляшин, В. Н. Технологии и оборудование для сушки растительного сырья : учебное пособие / В. Н. Тепляшин, Л. И. Ченцова, В. Н. Невзоров. — Красноярск : КрасГАУ, 2019. — 173 с.
4. Бурак, Л. Ч. Современные методы обработки и консервирования плодоовощного сырья / Л. Ч. Бурак. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 488 с.

5. Дубкова, Н. З. Современное состояние производства пищевых порошков из растительного сырья : монография / Н. З. Дубкова, В. В. Харьков. — Казань : КНИТУ, 2018. — 92 с.

6. Перфилова, О. В. Фруктовые и овощные порошки из вторичного сырья для производства функциональных продуктов питания : монография / О. В. Перфилова. — Воронеж : Мичуринский ГАУ, 2017. — 188 с.

7. Ермаков, В. В. Биотехнология: практикум : учебное пособие / В. В. Ермаков, О. О. Датченко, Н. С. Титов. — Самара : СамГАУ, 2020. — 178 с.

8. Пожарная безопасность, системы жизнеобеспечения, промышленные технологии: проблемы и перспективы: сборник тезисов I Международной научно-практической конференции : материалы конференции / под редакцией А. Ю. Просекова. — Кемерово : КемГУ, 2024. — 237 с.

## APPLICATION FEATURES OF VACUUM DRYING IN THE FOOD INDUSTRY

**Zaitsev F.D.**

**Scientific supervisor – Ageev P.S.**

**Ulyanovsk SAU**

**Keywords:** *Vacuum drying, moisture removal, food products, low temperatures, low pressure, nutrients, structure, taste characteristics, natural product*

*The work is devoted to the analysis of the features of vacuum drying in the food industry. The research revealed how innovative this drying method is due to its environmental friendliness, cost-effectiveness due to the reduction in weight of the final product and the preservation of nutritional value.*