

СУШКА ФРУКТОВ ПРИ НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗАМЕДЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Рахимов Умиджон Юнусжонович

Абдусаматова Дилнозахон Дилмурод кизи

Заведующий кафедрой" пищевая технология

" Наманганского государственного технического университета ,
Докторант Наманганского государственного технического университета
<https://doi.org/10.5281/zenodo.15447956>

Аннотация: В этой статье анализируются современные методы замедления развития микроорганизмов с помощью технологий низкотемпературной сушки фруктов. Влияние методов лиофилизации, вакуумной и тепловой сушки на микробиологическую безопасность было изучено на основе экспериментальных исследований. Статистически проанализирована зависимость между температурой сушки, уровнем влажности и количеством микрофлоры. Полученные результаты показали, что низкотемпературная сушка является эффективным решением для продления срока хранения фруктовых продуктов и обеспечения безопасности пищевых продуктов.

Ключевые слова: сушка фруктов, низкотемпературные технологии, активность микроорганизмов, безопасность пищевых продуктов, лиофилизация, вакуумная сушка, методы урбанизации, микробиологический анализ, уровень влажности, инновационные методы хранения.

Продовольственная безопасность сегодня рассматривается как глобальная проблема. В частности, высокий уровень влажности во фруктах и овощах делает их идеальной средой для микроорганизмов, вызывая их быстрое разложение. Это не только снижает качество и размер продукта, но и ставит под угрозу здоровье потребителя. Грибки, бактерии и дрожжи, содержащиеся во фруктах, могут вызывать пищевые инфекции и токсикозы. Поэтому контроль за их развитием стал важным аспектом сохранения пищи.

Традиционные высокотемпературные технологии сушки, хотя и снижают активность микроорганизмов, приводят к потере биологических и сенсорных свойств плодов. В этом процессе происходит расщепление витамина С, изменение цвета и запаха, а также уменьшение количества полифенолов. Поэтому в последние годы все больше внимания уделяется технологиям низкотемпературной сушки. Эти технологии не только



замедляют активность микроорганизмов, но и позволяют сохранить питательные и функциональные свойства плодов.

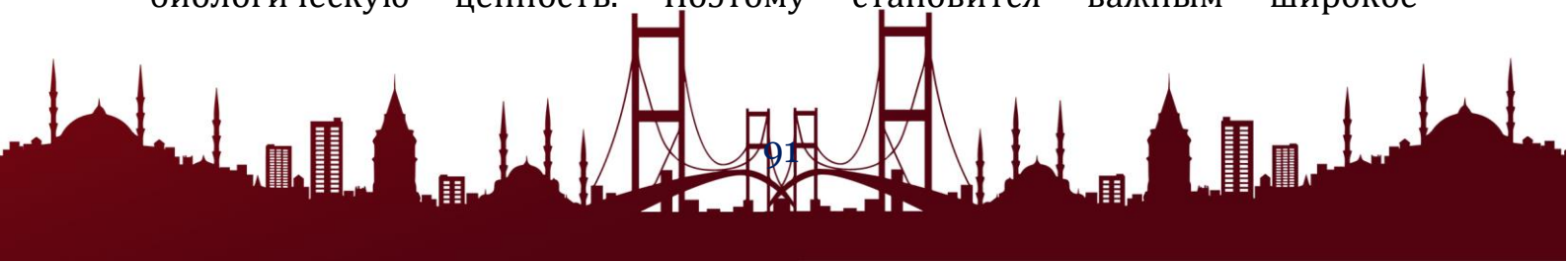
В этой статье будут проанализированы современные методы предотвращения развития микроорганизмов путем сушки фруктов при низкой температуре, а также их микробиологическая и технологическая эффективность. Посредством сравнительного изучения методов сушки обосновываются инновационные подходы к обеспечению безопасности пищевых продуктов.

В последние годы возрастает значение современных технологий сушки при хранении пищевых продуктов. В частности, методы низкотемпературной сушки — лиофилизация, вакуумная сушка и сушка с тепловым насосом — рассматриваются как эффективные решения для обеспечения микробиологической безопасности фруктов и овощей.

В исследованиях, проведенных авторами [1], изучалось влияние различных методов сушки на состав микрофлоры плодов, уровень сохранения питательных веществ и качество продукции. В исследовании доказано, что метод лиофилизации значительно снижает количество микроорганизмов и имеет преимущество в сохранении витаминов. Проанализирована сохранность биологически активных веществ в низкотемпературно сушеных фруктах и овощах и их потенциал для производства функциональных напитков [2]. В их исследовании технологии низкотемпературной сушки не только обеспечивают микробиологическую безопасность, но и придают продукту дополнительную функциональную ценность.

В ходе метаанализа было подробно изучено воздействие современных технологий сушки на микроорганизмы. Результаты исследований показывают, что методы вакуумной и лиофилизационной сушки сальмонеллы, E.coli значительно замедляет или останавливает рост опасных микроорганизмов, таких как аспергиллы [3]. Проанализировал влияние низкотемпературной сушки на физико-химический состав продукта, в отличие от термической обработки при сушке пищевых продуктов. Они обосновали возможность сохранения цвета продукта, отсутствия потери витамина С и сохранения полифенолов [4].

Эти анализы показывают, что сушка при низких температурах не только защищает фрукты от угрозы микроорганизмов, но и сохраняет их биологическую ценность. Поэтому становится важным широкое



внедрение данных технологий с научно обоснованными подходами в местных условиях.

В качестве объектов исследования были выбраны яблоки, клубника и бананы, которые имеют высокое содержание влаги и склонны к быстрому росту микроорганизмов. Их готовили в новом состоянии в виде идентичных образцов с соблюдением особых гигиенических требований.

Сушат плоды по следующим технологиям низкотемпературной сушки:

- Лиофилизация (сублимационная сушка): фрукты замораживали при температуре -40°C , затем сушили паром в условиях вакуума. Время высыхания-24 часа.

- Вакуумная сушка: сушка при температуре 40°C , давлении 0,05 МПа в течение 12 часов.

Сушка с тепловым насосом: сушка при температуре 50°C в течение 10 часов. Потребление энергии находилось в диапазоне 0,8-1,2 кВт/ч.

В качестве контрольной группы также были проанализированы фрукты, которые были высушены обычным нагреванием (8 часов при 70°C).

Методы микробиологического анализа:

Количество микроорганизмов в плодах до и после сушки определяли и оценивали на основе следующих методов:

- Культуральный метод: колониеобразующие единицы (CFU/г) были идентифицированы путем инкубации в чашках Петри при температуре 37°C в течение 24-48 часов.

- кпцр (полимеразная цепная реакция в реальном времени): лиофилизированные образцы содержат *Salmonella* spp. и *Aspergillus* spp. определено количество ДНК опасных микроорганизмов, таких как.

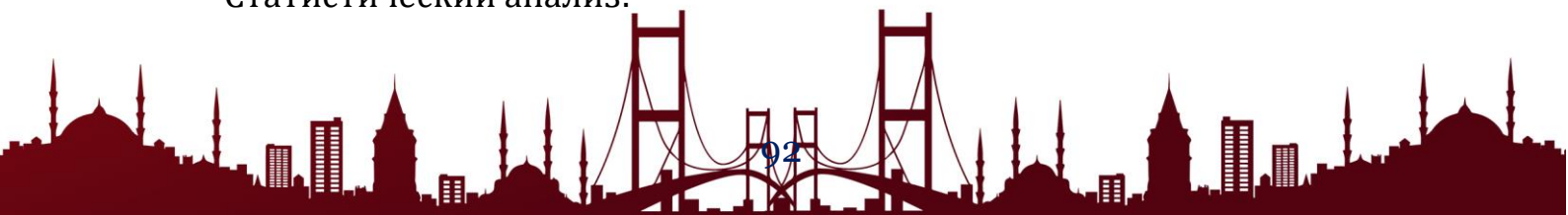
Физико-химические анализы:

- Содержание влаги: гравиметрическим способом (сушка при 105°C в течение 3 часов).

- уровни pH: Гомогенизированные образцы измерялись в pH-метрах.

- Содержание витамина C: 2,6-дихлорфенолиндофенол определяли методом титрования.

Статистический анализ:



Полученные результаты были проанализированы с помощью программы SPSS 25.0. Каждое измерение повторяли 3 раза. Были рассчитаны средние значения и стандартные отклонения. Различия между результатами оценивались с помощью теста ANOVA ($\alpha = 0,05$ градуса).

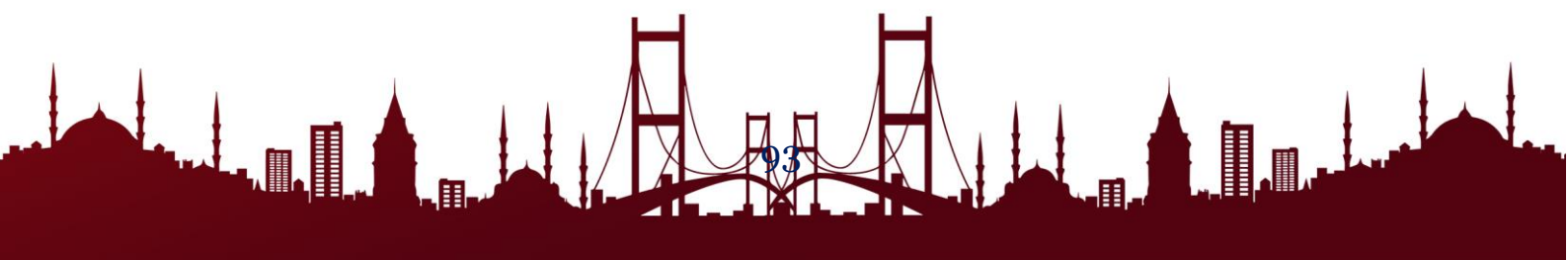
В ходе исследования изучалось влияние четырех различных технологий сушки (лиофилизация, вакуумная сушка, сушка с тепловым насосом, и обычная термическая сушка) на количество микроорганизмов на фруктах. Полученные результаты представлены в таблице ниже:

Таблица-1**Количество микроорганизмов по способам сушки**

№	Способ сушки	температура (°C)	время сушки (час)	количество микроорганизмов (CFU/г)
1	лиофилизация	-40	24	1 000,0
2	вакуумная сушка	40	12	10 000,0
3	сушка с помощью теплового насоса	50	10	100 000,0
4	обычная тепловая сушка	70	8	1 000 000,0

Как видно из таблицы выше:

- Лиофилизация (-40 ° C, 24 часа) была наиболее эффективным методом, снижающим количество микроорганизмов до 10^3 CFU/г.
- В результате вакуумной сушки (40 °C, 12 часов) количество микроорганизмов составило около 10^4 КОЕ/г.
- С другой стороны, сушка с помощью теплового насоса 10^5 дала результат на уровне 10^5 КОЕ/г.
- Обычная сушка (70 ° C, 8 часов) была относительно неэффективной для уменьшения количества микроорганизмов⁶ и поддерживалась на уровне 10^6 (CFU/г)



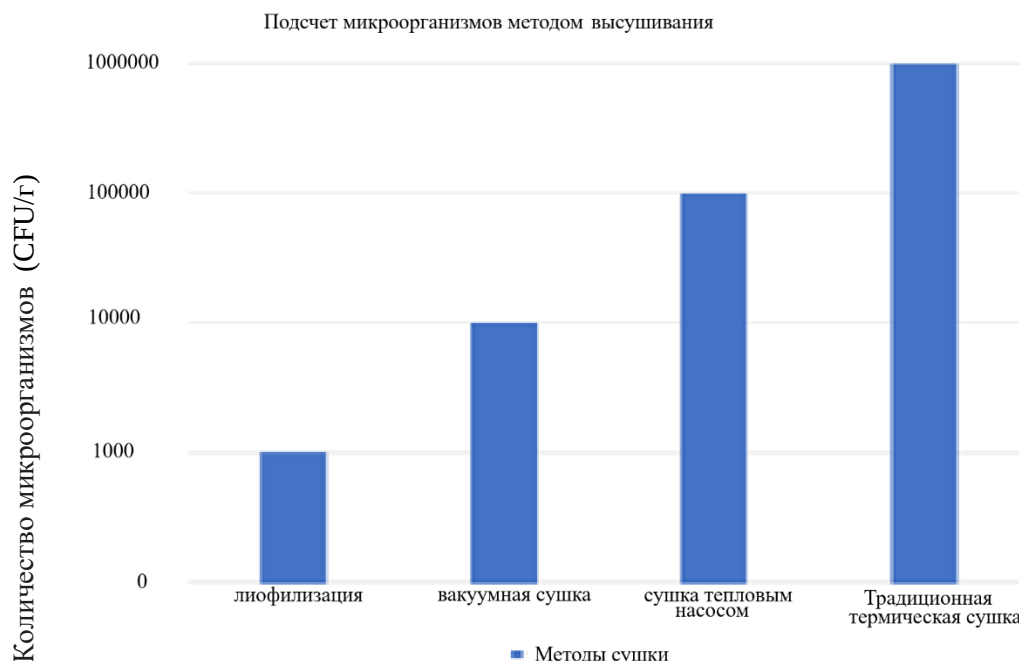


График 1. Количество микроорганизмов по способам сушки.

На приведенном выше графике методы сушки и количество микроорганизмов представлены в логарифме М. Графический анализ показывает, что по мере снижения температуры сушки количество микроорганизмов уменьшалось. В частности, сочетание низкой температуры + вакуумных условий обеспечивало высочайший уровень микробиологической безопасности. Кроме того, физико-химический анализ показал, что:

- Содержание влаги при методе лиофилизации составляло около 4-6%, что резко увеличивало срок хранения плодов.
- С точки зрения сохранения витамина С также преобладал метод лиофилизации (сохранение около 85%), при вакуумной сушке этот показатель составлял 70%, а при традиционной сушке-только 40%.
- существенных изменений pH не наблюдалось, что свидетельствует о химической стабильности продукта.

Полученные результаты показывают, что технологии низкотемпературной сушки, особенно лиофилизации, служат для значительного уменьшения количества микроорганизмов на плодах. Количество микроорганизмов, полученных в результате лиофилизации, составило около 10^3 CFU/г по шкале $\log_{10}$, что является довольно низким



показателем по сравнению с другими методами. Этот метод не только обеспечивает микробиологическую безопасность, но и позволяет поддерживать на высоком уровне такие сенсорные свойства продукта, как питание, вкус, цвет, запах.

Однако основным недостатком технологии -лиофилизации является высокое энергопотребление, длительный процесс и необходимость в дорогостоящем оборудовании. Поэтому широкое внедрение данной технологии на малых производственных предприятиях может быть связано с определенными экономическими ограничениями.

В качестве альтернативы вакуумная сушка относительно дешевле и обеспечивает баланс между высокой эффективностью и умеренными затратами. Сушка с помощью теплового насоса также считается оптимальной технологией для мелкосерийного производства.

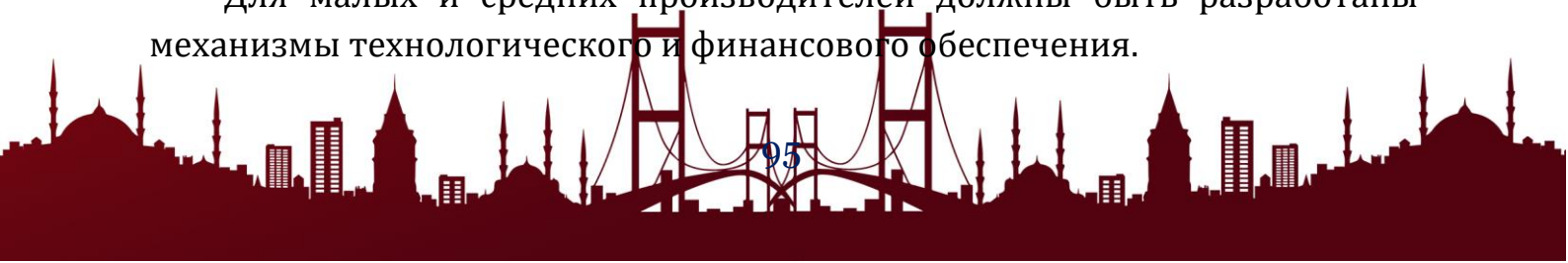
Результаты этого исследования показали, что технологии сушки фруктов при низких температурах значительно замедляют развитие микроорганизмов и повышают микробиологическую безопасность продуктов. В частности, метод лиофилизации (сублимационной сушки) позволяет сохранить такие сенсорные показатели продукта, как питание, вкус и цвет, при этом наиболее эффективно снижая активность микрофлоры. С другой стороны, вакуумная сушка и сушка с тепловым насосом являются жизнеспособными альтернативами с точки зрения энергопотребления, времени и затрат.

В ходе исследования было замечено, что при методе лиофилизации количество микроорганизмов на плодах уменьшилось до 10³ CFU/г. Это продлевает срок хранения продукта и обеспечивает доставку качественной еды для пользователей. Однако высокие затраты на техническое обслуживание и энергопотребление могут привести к ограничениям на внедрение этой технологии в коммерческих масштабах.

По результатам можно дать следующие практические рекомендации:

- Следует расширить использование технологий низкотемпературной сушки для обеспечения безопасности пищевых продуктов;
- Рекомендуются разработка и применение энергоэффективного сушильного оборудования, подходящего для местных условий;
- В сушеных продуктах необходимо постоянно проводить микробиологический анализ и мониторинг качества;

Для малых и средних производителей должны быть разработаны механизмы технологического и финансового обеспечения.



Использованная литература:

1. Shah A. S., Bhat S. V., Muzaffar K., Ibrahim S. A., Dar B. N. (2021). Processing Technology, Chemical Composition, Microbial Quality and Health Benefits of Dried Fruits. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 10(1). DOI: 10.12944/CRNFSJ.10.1.06
2. Huang, Y., Abhay, P. S., & Muhammad, S. (2022). Dehydrated fruits and vegetables using low temperature drying technologies and their application in functional beverages: a review. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111032
3. Bourdoux, S., Li, D., Rajkovic, A., Devlieghere, F., & Uyttendaele, M. (2016). Performance of drying technologies to ensure microbial safety of dried fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6), 1056–1071. DOI: 10.1111/1541-4337.12224
4. Barba, F. J., et al. (2017). Current and innovative emerging technologies for the decontamination of fruit and vegetable products. *Food Chemistry*, 225, 7–22. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.12.061
5. Атаханов, Ш. Н., Дадамирзаев, М. Х., Акрамбоев, Р. А., Маллабоев, О. Т., & Исраилов, Р. И. (2018). Исследование органолептических показателей полуфабрикатов фруктовых и овощных соусов и разработка шкалы частных качеств. *Universum: технические науки*, (8 (53)), 13-16.
6. Атаханов, Ш. Н., Дадамирзаев, М. Х., Рахимов, У. Ю., Нишонов, У. Р., & Хуррамова, Х. М. (2019). Исследование физико-химических показателей и пищевой ценности полуфабрикатов овощных соусов-паст. *Universum: технические науки*, (6 (63)), 60-63.

