Emro Science and Education
International open-access scientific journal
Journal homepage: https://journal.emro.uz

OPEN ACCESS

RESEARCH ARTICLE OPEN ACCESS

Vol. 2 No. 3 (2026) · November 2026 issue | Published: 20.11.2026 DOI: 10.5281/zenodo.24393919

УДК:664.66.085.1

ОБЪЕКТ И МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СУШКА ВИНОГРАДА

Юсупов Мухторжон Тожибоевич

Доцент Андижанского факультета Ташкентского государственного экономического университета,

Андижан, Узбекистан.

Тожибоев Абдумўмин Мухтаржон ўғли

Магистрант Андижанского технического института

Андижан, Узбекистан

DRYING OF GRAPES AS AN OBJECT AND MATERIAL OF RESEARCH.

Yusupov Mukhtorjon Tojiboevich

Associate Professor, Andijan Faculty, Tashkent State University of Economics

Andijan, Uzbekistan.

Master's student at the Andijan Technical Institute

Andijan, Uzbekistan

Аннотация

Одна из важнейших задач, стоящих сегодня перед миром, обеспечение населения свежими продуктами круглый год, что является одной из самых актуальных проблем.

Также в данной статье изучаются процессы обеспечения населения продуктами питания, а также фруктами и овощами, как на глобальном, так и на внутреннем уровне, анализируются и применяются соответствующие методы.

Received: 20.11.2026 · Accepted: 20.11.2026 · Published: 20.11.2026

Cite this article: Юсупов Мухторжон Тожибоевич, Тожибоев Абдумўмин Мухтаржон ўғли (2026). ОБЪЕКТ И МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СУШКА ВИНОГРАДА. Emro Science and Education, 2(3). https://doi.org/10.5281/zenodo.24393919

© 2026 The Author(s). Published by Emro Science and Education. This is an open access article.

Одним из способов решения проблем современного продовольственного снабжения, то есть обеспечения круглогодичного снабжения, является хранение и доставка населению сухофруктов и овощей. В нашей статье мы рассмотрели технологический процесс сушки винограда, одного из таких фруктов и овощей.

В этом процессе основным критерием сушки фруктов и овощей является снижение содержания влаги в них, для чего необходимо передавать продукту тепло. Одним из методов теплопередачи является воздействие на него инфракрасных (ИК) лучей.

Как известно, виноград сушат естественными и искусственными методами. Его структурный состав характеризуется богатым компонентным составом, а сам процесс сушки представляет собой сложный физико-химический процесс. Для реализации этого процесса изучается структурный состав высушенного продукта, его влажность и факторы, влияющие на сушку, которые являются критериями получения качественного продукта. Для успешного осуществления процесса сушки и получения качественной продукции используются различные методы, компьютерное моделирование, а на основе полученных результатов проводятся экспериментальные исследования.

В данной статье подробно описано изучение вышеупомянутых процессов и их математическая модель, а также результаты, полученные с помощью MATLAB.

Ключевые слова: исследование, антиоксидант винограда, методология сушки продукта, программная модель, инфракрасное излучение, конвективная сушка

Abstract

One of the most important tasks currently being carried out worldwide is to provide the population with fresh products throughout the year, which is one of the urgent problems.

Also, this article studies the processes of providing the population with food, as well as fruits and vegetables, both globally and domestically, and analyzes and applies the appropriate methods.

One of the ways to solve the problems of modern food supply, that is, ensuring year-round supply, is to store and deliver dried fruits and vegetables to the population. In our article, we examined the technological process of drying grapes, one of these fruits and vegetables.

In this process, the main criterion for drying fruits and vegetables is to reduce the moisture content in them, for which it is necessary to transfer heat to the product. One of the methods of heat transfer is to apply IR (infrared) rays to it.

As we know, grapes are dried by natural and artificial methods. Their structural composition is characterized by rich components, and the drying process itself is a complex physicochemical process. To implement this process, the structural composition of the dried product, its moisture content and factors affecting drying are studied, which are the criteria for obtaining a quality product. In order to successfully implement the drying process and obtain quality products, various methods, computer modeling are used, and experimental testing is carried out based on the results.

This article describes in detail the study of the above-mentioned processes and their mathematical model, as well as the results obtained using MATLAB.

Keywords: research, grape antioxidant, product drying methodology, software model, infrared light, convective drying

Введение

Сегодня во всем мире проводятся научные исследования по производству фруктов и овощей, богатых природными витаминами, микро- и макроэлементами, включая сушеный виноград, с использованием современных технологий и оборудования, при максимальном сохранении природных компонентов, а также разрабатываются технологии для улучшения потребительских качеств продукции, повышения ее пищевой ценности и биологической ценности. В нашей статье рассматриваются условия сушки винограда в зависимости от сорта.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования был выбран виноград двух сортов, широко используемых в производстве изюма в Узбекистане и сопредельных странах: «Кишмиш» и «Изабелла». Эти сорта отличаются морфологией ягод и биохимическим составом, что напрямую влияет на процессы влагоотдачи и сохранение качественных характеристик при сушке.

Сорт «Кишмиш» отличается отсутствием семян, относительно тонкой кожицей и высоким содержанием сахаров, что ускоряет процессы дегидратации. Однако тонкая кожица делает ягоды чувствительными к перегреву и пересушиванию. Сорт «Изабелла» характеризуется толстой плотной кожицей, более выраженной кислотностью и высокой устойчивостью к механическим воздействиям, но влагоотдача протекает медленнее, что

увеличивает энергозатраты.

Отбор исходного сырья проводился на виноградниках Ташкентской области в период технической спелости. Для опытов брались грозди с равномерно окрашенными и неповреждёнными ягодами. Из каждой партии формировались средние образцы по 2–3 кг.

Результаты и обсуждения

Перед началом сушки определялись основные физико-химические показатели: начальная влажность, содержание растворимых сухих веществ ($°B_{рих}$), активность воды, масса 100 ягод, а также средние размеры плодов. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Основные характеристики исходного винограда сортов «Кишмиш» и «Изабелла»

Показатель	*«Кишмиш»*	*«Изабелла»*	*Методика определения*
Влажность, % (массовая доля)	78–80	80–82	ГОСТ ISO 751-2014
Содержание сухих веществ, $°B_{rix}$	20–22	16–18	Цифровой рефрактометр
Активность воды, a_w	0,96–0,97	0,97–0,98	Прибор aw-meter
Масса 100 ягод, г	230–250	280–320	Взвешивание
Средний диаметр ягоды, мм	14–16	16–18	Штангенциркуль
Кожица	Тонкая, нежная	Толстая, плотная	Визуально/сенсорика
Наличие семян	Отсутствуют	Присутствуют (2–3 шт.)	Органолептика

Для проведения экспериментальных исследований использовался следующий комплекс оборудования:

• лабораторная инфракрасно-конвективная сушильная установка, обеспечивающая диапазон температур агента от 40 до 80 °C, скорость воздуха 0,5–2,0 м/с и регулируемую плотность ИК-потока 3–10 кВт/м²;

• весы аналитические (точность ±0,001 г) для регистрации динамики массы;

• ИК-пирометры и термопары типа *K* для измерения температуры поверхности ягод и сушильного агента;

• цифровой колориметр (CIE Lab*) для объективной оценки цветовых изменений и расчёта индекса ΔE;

• рефрактометр цифровой для определения содержания сахаров ($°B_{rix}$);

• измеритель активности воды (a_w) для контроля микробиологической устойчивости образцов на различных стадиях сушки.

• текстурный анализатор с нагрузкой до 50 Н для измерения жёсткости и упругости продукта.

• программное обеспечение MATLAB, применяемое для обработки экспериментальных данных, аппроксимации кривых и идентификации параметров моделей (Page, Midilli и др.).

Для повышения достоверности результаты каждого опыта фиксировались в трёхкратной повторности. Все измерительные средства предварительно проходили калибровку, включая проверку весов контрольными гирями, поверку пирометров по эталонному источнику температуры и градуировку прибора aw по стандартным растворам солей.

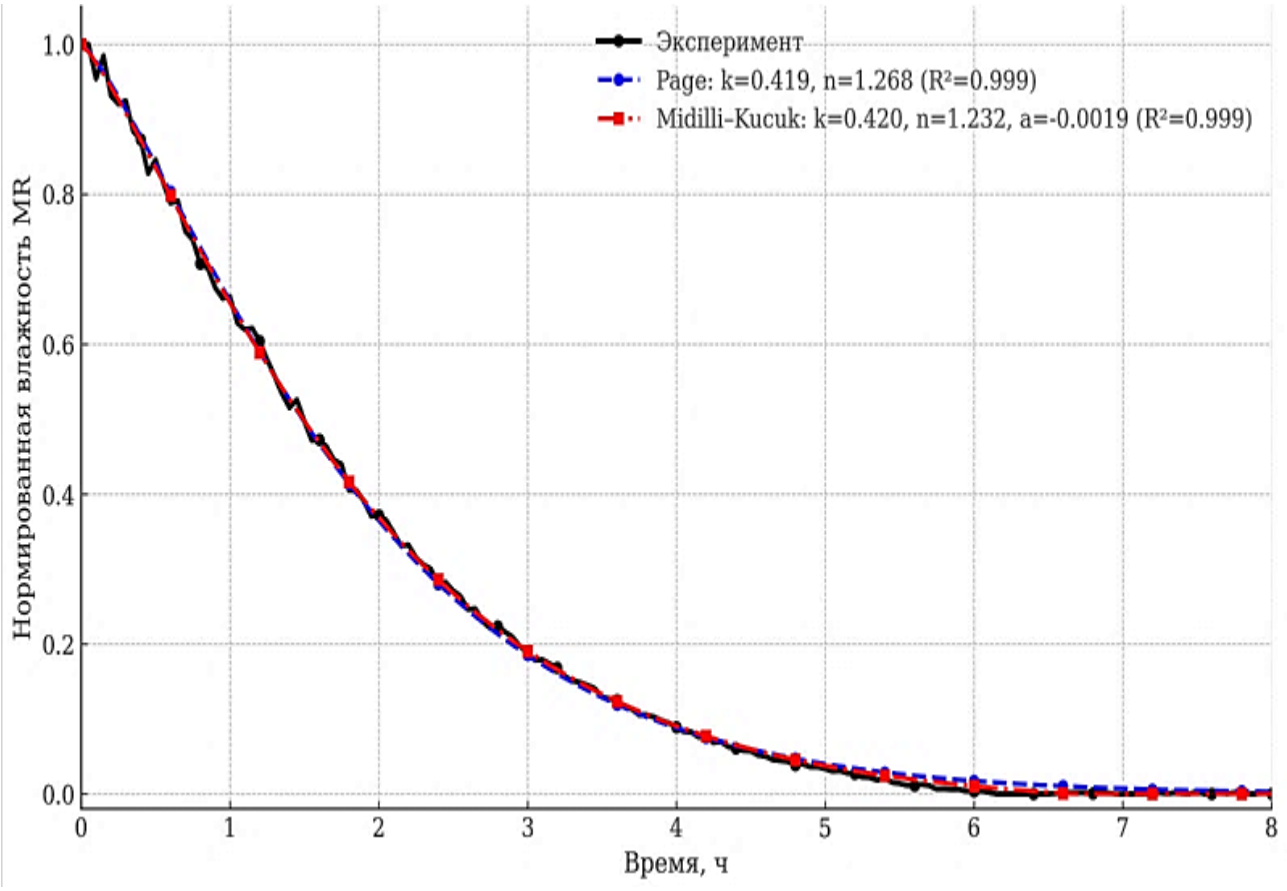


Рис. 1. Аппроксимация экспериментальной кривой сушки винограда моделями Page и Midilli–Kucuk

На графике (рис.3.2) представлено сопоставление экспериментальных данных по нормированной влажности винограда (MR) во времени с расчетными кривыми, полученными по моделям Page и Midilli–Kucuk. Черные точки соответствуют результатам эксперимента, синяя линия отражает аппроксимацию моделью Page с параметрами $k = 0{,}419$; $n = 1{,}268$; $R^2 = 0{,}999$, а красная пунктирная линия — моделью Midilli–Kucuk ($k = 0{,}420$; $n = 1{,}232$; $a = -0{,}0019$; $R^2 = 0{,}999$). Видно, что обе модели с высокой точностью описывают процесс обезвоживания, однако модель Midilli–Kucuk обеспечивает более гибкое соответствие на отдельных участках кривой благодаря дополнительному параметру. Это подтверждает целесообразность её применения для инженерных расчетов и оптимизации режимов сушки винограда.

Таблица 2.

Сравнение параметров и точности моделей кинетики сушки винограда

Модель	*Уравнение*	*Параметры (эксперимент)*	*R^2*	*RMSE*	*SSE*
Page	$MR = \exp(-k \cdot t^n)$	k = 0,419; n = 1,268	0,999	0,008	0,002

Midilli–Kucuk	$MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	k = 0,420;
		n = 1,232;
		a = –0,0019
			0,999	0,007	0,001

Henderson–Pabis	$MR = a \cdot \exp(-k \cdot t)$	k = 0,385; a = 0,985	0,992	0,021	0,005

Logarithmic	$MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$	k = 0,391;
		a = 1,02;
		c = –0,018
			0,897	0,062	0,024

Таблица 2. показывает, что модели Page и Midilli–Kucuk обеспечивают наилучшее совпадение с экспериментальными данными ($R^2 \approx 0,999$, минимальные ошибки *RMSE* и *SSE*). Модели Henderson–Pabis и Logarithmic демонстрируют худшие результаты, что делает их менее пригодными для инженерных расчетов в условиях промышленной сушки винограда.

Заключение

Исходя из этого, выбранные объекты и используемая экспериментальная база позволили обеспечить репрезентативность исследования и получить надёжные данные о влиянии сортовых особенностей винограда на кинетику влагоудаления, изменения цвета, текстуры и активности воды при инфракрасно-конвективной сушке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафронов, А.В., Федорова, Л.М. Исследование процесса инфракрасно-конвективной сушки плодовых культур. Хранение и переработка сельхозсырья. – 2021. – №4. – С. 56–63.

2. Ахмедов, Т.Ш., Азимова, Д.А. Влияние режимов сушки на сохранность биоактивных веществ в винограде. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2021. – Т. 11, №2. – С. 287–295.

3. Рошаль, В.М., Легеза, С.В. Интенсификация процесса сушки винограда. Хранение и переработка сельхозсырья. – 2021. – №8. – С. 34–39.

4. Джураев, А.Д. Энергосберегающие технологии в переработке плодоовощной продукции Узбекистана. Энергетика и энергосбережение. – 2020. – №3. – С. 45–50.\

5. Юсупов, М. Т. (2017). Реализация технологической схемы сушки винограда. Высшая школа, 1, 97-99.

6. 6.Юсупов, М. Т., & Абдуллаева, Н. Х. (2022). Моделирование распределения температуры в процессе сушки винограда. Механика и технология, (Спецвыпуск 1), 163-167.

7. Маматкулов А.Х., Юсупов М.Т. Системный анализ сушки винограда // Узбекский химический журнал. - Ташкент, 2006. - №6. - С.46-50 (02.00.00; №6).

8. М.Т. Юсупов, А.Х. Маматқулов. Узумни қуритиш жараёнини жадаллаштириш усуллари // «Вестник ТГТУ. – Ташкент, 2009. - № 1-2. -С.151-154 (02.00.00;№11).

9. Х.Ф. Джураев, Н.Р. Юсупбеков, А.А. Артиков и др. Промышленные испытания способа сушки дыни по схеме вяление — конвективная сушка, «Хранение и переработка сельхозсырья», 2002. № 3. с.36-37.

10. Гинзбург А.С., Савина И.М. Массовлагообменные характеристики пищевых продуктов. -М.: Легкая и пищевая промышленность. 1982. -280 с.

11. Левитин И.Б. Применение инфракрасной техники в народном хозяйстве. -Л.: Энергоиздат.1981.-264с.