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

OPEN ACCESS

CONFERENCE PAPER OPEN ACCESS

Vol. 1 No. 1 (2023) · "Axborot oqimlari va intellektual tizimlarning ijtimoiy, iqtisodiy va texnik-texnol... DOI: 10.5281/zenodo.24319502

*Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to'plami* *Andijan 2023 yil 10-noyabr*

# МОДЕЛИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЦЕССА СУШКИ ВИНОГРАДА

**Юсупов Мухторжон**
**Доцент Ташкентского финансового института Андижанского факультета, доктор философии по технических наук (PhD).**

**Аннотация.** В этой статье мы излагаем мысли и мнения о технологии сушки винограда и процессе ее математического моделирования. Известно, что обеспечение населения фруктами и овощами в экологически чистом виде является одной из актуальных проблем современности. Одним из ее решений является поставка продукта в сушеном виде. Для него мы представили структурную структуру фруктов и овощей и процессы, происходящие в них, с помощью математических и компьютерных моделей.

**Ключевые слова:** алгоритм, моделирование, сушка винограда, влага, ИК-сушка, влага, температура, распределение влаги.

# УЗУМНИ ҚУРИТИШ ЖАРАЁНИ МОДЕЛЛАРИ ВА НАТИЖАЛАР МОДЕЛИ

**Юсупов Мухторжон**
**Тошкент молия институти, Андижон факультети доценти, т.ф.б.ф.д.(PhD).**

**Аннотация.** Ушбу мақоламизда узумни қуритиш технологияси ва унинг математик моделлаштириш жараёни хақида фикр, мулохазалар келтирилган. Маълумки мева сабзавотларни ахолига экологик жихатдан соф холда етказиб бериш шу куннинг долзарб муаммоларидан хисобланади. Унинг ечимларидан бири бўлиб махсулотни қуритилган холда етказишдир. Унинг учун мева сабзавотларни таркибий тузилиши ва унда кечадиган жараёнларни математик ва компьютер моделлари ёрдамида ифодаладик.

**Калит сўзлар:** алгоритм, моделлашириш, узум қуритиш, намлик, ИК-қуритиш, намлик, температура, намлик тарқалиши.

**Введения.** Известно, что при небольшой влажности материала влага перемещается в основном в виде пара, т.е. сушка происходит за счёт молекулярного переноса пара, а при большой влажности влага частично перемещается в виде жидкости, при этом зона испарения приближается к поверхности материала, углубление поверхности высушиваемого материала увеличивается, что способствует возрастанию испарения влаги [1,2].

Ученые и исследователи всегда стремились к поиску новых методов и подходов для оптимизации процесса сушки винограда, так как именно этот этап играет важную роль в получении высококачественного вина. В рамках нашего исследования мы использовали новый подход - компьютерную модель процесса сушки винограда, основанную на математическом описании перемещения влаги



Published: 10.11.2023

**Cite this article:** Юсупов Мухторжон (2023). Модели и результаты процесса сушки винограда. Emro Science and Education, 1(1). https://doi.org/10.5281/zenodo.24319502

*© 2023 The Author(s). Published by Emro Science and Education. This is an open access article.*

в элементарных оболочках. Когда виноград сушится, происходит процесс испарения воды из ягод, который существенно влияет на конечный продукт.

В 2022 году Узбекистан занимает седьмое место в мире по площади виноградников, которая составляет 181 тысячу гектаров. Из них 85 000 съедобных, 73 000 мелких и 23 000 технических сортов винограда. Общий сбор винограда в 2022 году составил 1,8 миллиона тонн[5].

**Литературный обзор.** Изменение влажности плодов в процессе сушки играет значительную роль в процессе массообмена, который осуществляется через влагоперенос [3]. В целях сохранения качества и состава фруктов и овощей при их доставке потребителям, одним из способов является предоставление их в сушеном виде. Научные исследования, проведенные А.С.Гинзбург, А.В.Лыков, В.В.Кафаров, В.В.Красников, С.Г.Ильясов, И.А. Рогов, А.М. Остапенков, К.Г. Милицер, Р. Штраус, З.С. Салимов, Н.Р. Юсупбеков, А.А.Артиков, О.Ф. Сафаров, Ж.М. Курбанов, Х.С. Нурмухамедов, Х.Ф.Джураев, К.О.Додаев и другими учеными, были посвящены решению задач интенсификации тепло- и массообмена при переработке плодов и овощей, а также при операциях сушки, варки, десорбции, сорбции и других видов обработки. Их разработки и рекомендации по использованию энергии, подаваемой методом ИК-конвекции, успешно внедрены в производство. Однако на данный момент проводятся исследования, направленные на выбор оптимальных способов исследования, которые позволяют использовать влияние электро-физических, тепловых и биотехнологических процессов для интенсификации технологических процессов, а также получения высушенной продукции с требуемой внешней формой и широким ассортиментом, с

**Основная часть.** Для получения математической модели процесса сушки винограда сделаем следующие допущения, т.е. при сушке винограда его геометрическую форму принимаем шарообразным.

Анализ литературных данных свидетельствует, что переносной влаги по оболочкам недостаточно изучено и не даны конкретные рекомендации по определению количество влаги в оболочках. Поэтому нами было проведено исследование по определению количество влаги на компьютерной модели процесса сушки винограда, применяя математической описаний перемещения влаги элементарных оболочек. Характер распределения влажности по слоям изделия оказывает значительное влияние на скорость сушки винограда. В данном случае массообменный процесс осуществляется путем влаго переноса внутри материала. В ходе исследования в качестве объекта был выбран виноград и процесс его сушки. А также продукта был изучен для создания математической модели процесса сушки винограда физико-химический состав.

При получении математических моделей процесса мы опирались на работы зарубежных и отечественных ученых и создали собственную модель,

приняв виноград шарообразным и зависимость диаметра от средней влажности описываем линейным уравнением следующего вида:

$$d = d_k + (d_н - d_k) * \frac{x - x_k}{x_н - x_k} \quad [6].$$

где: $d$-текущий диаметр материала, м;

$x$- текущий влажность материала,

$x_н$- начальный влажность материала;

$x_к$ – конечный влажность материала;

$d_н$- начальный диаметр материала до сушки, м;

$d_к$- конечный диаметр материала до сушки, м

Для наружной оболочки шарообразного образца (кожицы) имеем: $\frac{dmx}{d\tau} = Q_{вх} - Q_{вых}$ $\frac{dx_к}{d\tau} = \frac{1}{m}(Q_{вх} - Q_{вых})$ [6].

где: $Q_{вх} = \frac{2\pi D(x_1 - x_k)}{\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2}}$ $Q_{вых} = \beta * 4\pi R^2 * (x_K - x_\rho)$

β - коэффициент массоотдачи, $(\frac{кг}{м^2 * с})$;

D – коэффициент молекулярной диффузии, $\frac{м^2}{с}$;

$m$ - масса материала

$$m = V * \rho = (\frac{4\pi R^3_{нар}}{3} - \frac{4\pi R^3_{внутр}}{3}) * \rho$$

где: $\rho$ - плотность изделия, $\frac{кг}{м^3}$;

$$\rho = \rho_k + (\rho_н - \rho_к)\frac{x - x_к}{x_н - x_к}$$

**Получим, следующее:**

$$\frac{dX_K}{d\tau} = \frac{1}{(\frac{4\pi R^3_{нар}}{3} - \frac{4\pi R^3_{внутр}}{3}) * \rho}\left[\left((\frac{2\pi D}{\frac{1}{d_н} - \frac{1}{d_в}} * (x_1 - x_K) - \beta * 4\pi R^2 * (x_k - x_p)\right)\right] \quad [6].$$

При формировании математического описания последующих i–х оболочек воспользуемся выражениями:

$$Q_{вх} = \frac{2\pi D(x_i - x_{i+1})}{\frac{1}{d_i} - \frac{1}{d_{i+1}}} \quad (9) \quad Q_{вых} = \frac{2\pi D(x_{i+1} - x_{i+2})}{\frac{1}{d_{i+1}} - \frac{1}{d_{i+2}}}$$

где: $x_{i-1}$ – безразмерная концентрация влаги верхнего оболочки;

$x_i$ – безразмерная концентрация влаги i –того оболочки;

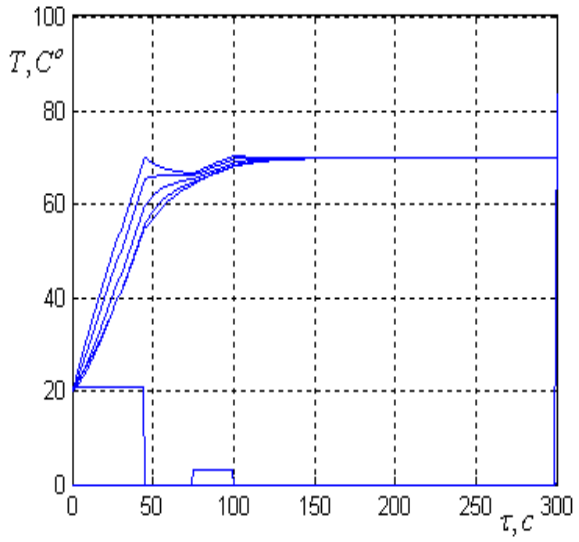
$x_{i+1}$ – безразмерная концентрация i +1 –го оболочки.

В итоге получим ниже следующее выражение:

$$\frac{dX_i}{d\tau} = \frac{1}{(\frac{4\pi R^3_{íàð}}{3} - \frac{4\pi R^3_{âíóòð}}{3}) * \rho} \left[ \left( (\frac{2\pi D}{\frac{1}{d_i} - \frac{1}{d_{i+1}}} * (x_i - x_{i+1}) - \frac{2\pi D(x_{i+1} - x_{i+2})}{\frac{1}{d_{i+1}} - \frac{1}{d_{i+2}}} \right) \right]$$

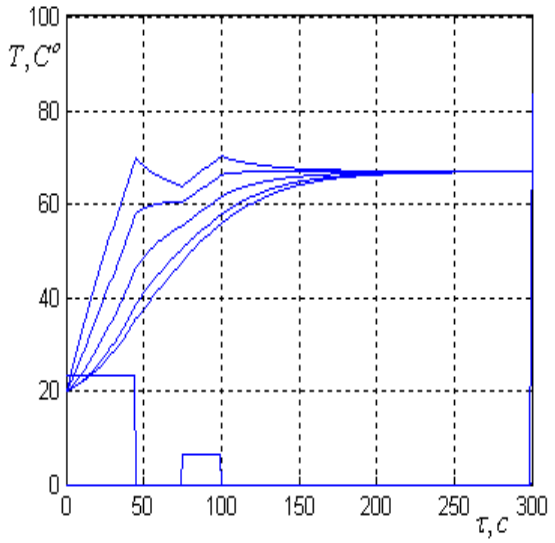
При разработке классификации высушиваемых материалов внимание уделяем их структуре и видам связи с материалом. Термическое сопротивление материала и количество тепла, которое следует подвести к нему в процессе сушки для его нагрева, рассчитываем при помощи коэффициентов теплопроводности и теплоемкости, по плотности.

Для определения математического описания температуры кожицы винограда, рассматриваем тепловой баланс, где разница между приходящим ($\mathbf{q_{вх}}$) и уходящим теплом ($\mathbf{q_{вых}}$) характеризует скорость накопления тепла в виде




$d = 8мм$, $T_v = 70^oC$, $q_1 = 21\frac{кВт}{м^2}$, $\tau_1 = 45c$, $\tau_{выд} = 30c$, $q_2 = 3\frac{кВт}{м^2}$, $\tau_2 = 25c$.

**Рис.1.Распределения температуры по времени в зоне предварительной ИК-импульсной обработке**

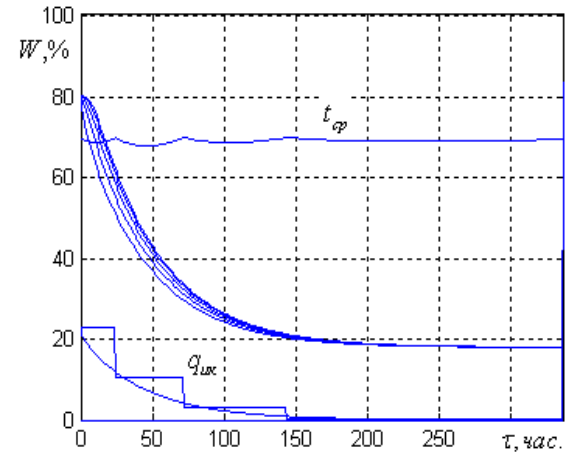



$d = 12мм$, $T_v = 70^oC$, $q_1 = 23{,}5\frac{кВт}{м^2}$, $\tau_1 = 45c$, $\tau_{выд} = 30c$, $q_2 = 6{,}5\frac{кВт}{м^2}$, $\tau_2 = 25c$

.

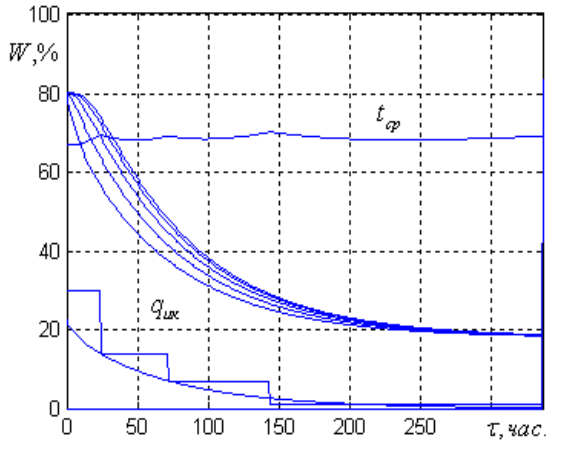
**Рис.2. Распределения температуры по времени в зоне предварительной ИК-импульсной обработке**

На рисунках 1-2 приведены распределения температуры в слоях винограда в зависимости от импульсов плотности ИК- потоков.




$d = 8мм$, $q_1 = 1{,}15\frac{кВт}{м^2}$, $q_2 = 0{,}53\frac{кВт}{м^2}$,
$q_3 = 0{,}15\frac{кВт}{м^2}$, $q_4 = 0{,}01\frac{кВт}{м^2}$, $\tau_1 = 24ч.$,
$\tau_2 = 48ч.$, $\tau_3 = 72ч.$, $\tau_4 = 292ч.$,
$t_{вых} = 69{,}5^0C$.

**Рис.3. Распределения влаги по слоям винограда в зоне конвективной ИК-сушки**




$d = 12мм$, $q_1 = 1{,}5\frac{кВт}{м^2}$, $q_2 = 0{,}7\frac{кВт}{м^2}$,
$q_3 = 0{,}35\frac{кВт}{м^2}$, $q_4 = 0{,}05\frac{кВт}{м^2}$, $\tau_1 = 24ч.$,
$\tau_2 = 48ч.$, $\tau_3 = 72ч.$, $\tau_4 = 292ч.$,
$t_{вых} = 69{,}26^0C$.

**Рис.4. Распределения влаги по слоям винограда в зоне конвективной ИК-сушки**

Целью зоны предварительной ИК-обработки является достижение максимального значения коэффициента влагоотдачи, что достигается за счет образования микротрещин на поверхности или максимального разрушения кожицы винограда путем оптимальной импульсной ИК-обработки. В данной зоне управляемый процесс протекает в кожице винограда. В данной зоне можно не учитывать сушки винограда из-за кратковременности процесса. Для данной зоны наибольшее значение имеет исследование распределение температуры в слоях материала, так как превышение значение температуры за $70^{o}C$ снижает качественные показатели винограда.

Результаты теоретических исследований зоны предварительной ИК-обработки (рис.3-4) на компьютерной модели показывает, что для обработки винограда со среднем диаметром $d = 8мм$ требуемым оптимальным значением плотности первого ИК- облучения является $q_1 = 21\frac{кВт}{м^2}$ с продолжительностью 45 секунд и соответственно второго ИК- облучения является $q_2 = 3\frac{кВт}{м^2}$ с продолжительностью 25 секунд. При такой обработке средняя значения температуры материала на выходе из зоны составляет $t_{вых} = 69{,}92^{0}C$.

Соответственно для $d = 12мм$, имеем $q_1 = 23{,}5\frac{кВт}{м^2}$, $q_2 = 6{,}5\frac{кВт}{м^2}$, $t_{вых} = 67{,}06^{0}C$, для $d = 16мм$, имеем $q_1 = 25{,}5\frac{кВт}{м^2}$, $q_2 = 7{,}8\frac{кВт}{м^2}$, $t_{вых} = 62{,}46^{0}C$ и для $d = 20мм$, имеем $q_1 = 27{,}5\frac{кВт}{м^2}$, $q_2 = 9\frac{кВт}{м^2}$, $t_{вых} = 59{,}1^{0}C$.

Целью зоны конвективной ИК-сушки является высушивание винограда до заданной влажности, процесс сушки в данной зоне характеризуется распределением влажности в мякоте винограда. За счет испарение влаги материал охлаждается что снижает скорость процесса сушки, это компенсируется за счет поддержания на заданном значений температуры винограда, путем подвода тепла оптимальным значением импульсного ИК-облучения.

Результаты теоретических исследований зоны конвективной ИК- сушки показывает, что для сушки винограда со среднем диаметром $d = 8мм$ требуемым оптимальным значением плотности первого ИК-облучения является $q_1 = 1{,}15\frac{кВт}{м^2}$ с продолжительностью 24 часа, соответственно второго ИК- облучения является $q_2 = 0{,}53\frac{кВт}{м^2}$ с продолжительностью 48 часа, соответственно третьего ИК-облучения является $q_3 = 0{,}15\frac{кВт}{м^2}$ с продолжительностью 72 часа и соответственно четвертого ИК- облучения является $q_4 = 0{,}01\frac{кВт}{м^2}$ с продолжительностью 292 часа. При такой обработке средняя значения

температуры материала на выходе из зоны составляет $t_{вых} = 69{,}5^0 C$. Соответственно для $d = 12 мм$, имеем $q_1 = 1{,}5 \frac{кВт}{м^2}$, $q_2 = 0{,}7 \frac{кВт}{м^2}$, $q_3 = 0{,}35 \frac{кВт}{м^2}$, $q_4 = 0{,}05 \frac{кВт}{м^2}$, $t_{вых} = 69{,}26^0 C$, для $d = 16 мм$, имеем $q_1 = 2{,}3 \frac{кВт}{м^2}$, $q_2 = 0{,}8 \frac{кВт}{м^2}$, $q_3 = 0{,}45 \frac{кВт}{м^2}$, $q_4 = 0{,}12 \frac{кВт}{м^2}$, $t_{вых} = 68{,}39^0 C$, для $d = 20 мм$, имеем $q_1 = 3 \frac{кВт}{м^2}$, $q_2 = 0{,}9 \frac{кВт}{м^2}$, $q_3 = 0{,}55 \frac{кВт}{м^2}$, $q_4 = 0{,}2 \frac{кВт}{м^2}$, $t_{вых} = 68{,}81^0 C$,

Для улучшения влагопроницаемости кожуры винограда могут быть использованы различные методы, в том числе кратковременное ИК-воздействие. Предлагаемые рекомендации были использованы при создании полупромышленной установки сушки винограда.

**Выводы.** Проведенные полупромышленные испытания показывают достоверность теоретических выводов и результатов исследования на компьютерной модели.

При этом влажность высушенного материала с его естественной влажностью, может снижаться до влажности готового продукта. С увеличением коэффициента влагоотдачи увеличивается время сушки материала.

## Литература

1. Yusupov, M. (2022). REALIZATION OF THE TECHNOLOGICAL SCHEME OF THE DRYING OF GRAPE. *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal*, *10*(1), 343-346.
2. ИльясовС.Г., Красников.В.В. Применение метода одновременного измерения терморадиационных характеристик к исследованию оптических свойств капиллярно - пористых коллоидных тел. -М.: Труды МТИП. 1988. -с.49-56.
3. Tojiboevich, Yusupov Muhtorjon, and Parpiev Gafurjon Gayratovich. "MATHEMATICAL AND SOFTWARE TOOLS FOR OPTIMIZING THE GRAPE DRYING PROCESS." *Academicia Globe: Inderscience Research* 3.04 (2022): 116-121.
4. 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.
5. https://kun.uz/news/2023/08/10/2022-yil-ozbekistonda-18-mln-tonna-uzum-yetishtirildi-qxv
6. А.Х.Маматқулов, М.Т.Юсупов, А.А.Артиқов. Исследование на компьютерной модели процесса сушки винограда // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 2011. №5. - С.43-47.