



УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ДИАПАЗОНА ТЕМПЕРАТУР МИКРОВОЛНОВОГО ПОДОГРЕВА

Раҳматов Фирдавс

Гулистанский государственный университет

ARTICLE INFO

Received: 03rd January 2024

Accepted: 09th January 2024

Online: 10th January 2024

KEY WORDS

Микроволновка,
транспортабельность,
хлебопекар, кондитер, мясо,
Исикава, Теплофизика.

ABSTRACT

Переработка сельскохозяйственной продукции даёт возможности увеличить сроки, продолжительность их хранения и снизить затраты на транспортировку.

Экономическое, интеллектуальное развитие общества зависит от здоровья и благополучия людей в нем. В свою очередь, культура правильной организация питания играют важную роль в их здоровье.

Большая часть рациона питания человека состоит из плодоовощной продукции, и где наибольшую пищевую ценность имеют продукты, приготовленные из натурального сырья. Доставка сельхозпродукции на стол население в течение всего года с сохранением ее природных свойств возлагает большую ответственность на производственные предприятия по переработке овощей и фруктов. Перерабатывая сельскохозяйственную продукцию, можно увеличить сроки и продолжительности их хранения, снизить затраты на транспортировку особенно для Северных шрот России, основного покупателя сельхозпродукции Узбекистана

Одним из наиболее предпочтительных способов переработки овощей и фруктов является сушка и производство их является одним из наиболее экономичных способов переработки сырья.

Сушеные плоды и овощи обладают высокой энергетической ценностью, так как содержат значительное количество сахаров, азотистых веществ, органических кислот, пектиновых и минеральных веществ, а также хорошей сохраняемостью и транспортабельностью. Они требуют меньше площадей для хранения, могут быть использованы для обеспечения северных районов, экспедиций, и использоваться как сырье для производства пищевых концентратов и в других отраслях пищевой промышленности (мясной, хлебопекарной, кондитерской) [5].

При сушке овощей и фруктов необходимо систематический контроль сырья, технологического процесса и готового сушеного продукта. Для определение качество обращают на внешний вид, цвет, консистенцию, вкус и запах, форму и размер плода или их частиц, дефекты, развариваемость, коэффициент набухаемости, влажность,



содержание металлопримесей, песка и сернистого ангидрида, а также зараженность амбарными вредителями.

Качественными показателями, характеризующими пищевые свойства и кулинарные достоинства сушеных овощей, картофеля и фруктов, являются их химический состав (содержание углеводов, белков, жиров, витаминов, минеральных веществ), развариваемость, набухаемость и содержание водорастворимых веществ, а также цвет, вкус, запах и консистенция приготовленных из этих продуктов блюд.

Вырабатываемые сушеные картофель, овощи и фрукты по своим эти показатели должны соответствовать требованиям действующих ГОСТов. (2)

Сам процесс сушки продуктов – один из самых традиционных и энергоемких процессов, поэтому, в области техники сушки экономия энергетических ресурсов проблема актуальная. (хипс)

Различают естественную (солнечную) и искусственную сушку.

Естественную сушку применяют преимущественно в южных районах страны с большим количеством солнечных дней.

Прежде чем приступить к искусственной сушки необходимо решать задачу многофакторного процесса.

Для решения многофункциональной задачи переходим от частных решений была предпринята попытка использования методов системного анализа с помощью схем Исикава задач систематизации и ранжирования технических требований к процессу сушки. Алгоритм схем анализа следующей: -выделить так называемый проблемный вопрос, т.е. определить характеристику, которая требует измерения;

- вычислить факторы, оказывающие прямое или косвенные влияние на величину характеристику;

- систематизировать перечисленные факторы по категориям (главные, средние, мелкие и т.д.);

- определить значимость факторов и их очередность;

- графически изображать взаимосвязи характеристики и факторов.

Процесс сушки рассматривать, как задача многофакторная, где задача решается согласно ей структурной схемой и она систематизируется следующим образом:

- факторы-параметры контролируемой среды (температура, расход, давление, вязкость и т.д.).

-факторы влияющие на параметры измерительного преобразования(напряжение, частота и т.п.).

-факторы обуславливающие стабильность условий(электрические и магнитные поля, вибрация, угол наклона и т.д.). *Искусственная сушка* проводится на различном типе сушилок: шкафных, карусельных, канальных, ленточных, вальцовых, распылительных, сублимационных. Сушат продукцию при температуре 55-100 °С.

Из всех методов сушки наиболее перспективным является *микроволновая сушка*. [1,2]. Использование СВЧ сушилок, отличающихся экономностью, чистотой, бесшумностью и компактностью, отмеченных положительным эффектом, как в энергосбережении, так и в ускорении процесса обработки представляют существенный интерес.



Таким образом исходя многофакторности задач производим отбор факторов для моделирования процесса сушки, где учитываются все характеристики влияющие на процесс. В качестве параметров включаем в модель затрат следующей:

Δ -предел измерения; D_1 и D_2 - нижний и верхний диапазон; β -основная погрешность; T_1 - диапазон рабочая температура среды; P -предельное давление среды; $T_{ТВ}$ – предельное содержание твердых частиц; μ -диапазон вязкости среды; T_2 -диапазон температур окружающей среды; W - диапазон влажности окружающей среды; U - диапазон колебаний напряжения; G -диапазон колебаний частоты; m -модель массы.

$$m = A \cdot \Delta^{\alpha_1} \cdot D_1^{\alpha_2} \cdot \beta^{\alpha_3} \cdot P^{\alpha_4} \cdot T_{ТВ}^{\alpha_5} \cdot U^{\alpha_6} \cdot G^{\alpha_7} \quad (1)$$

Для решений многофакторной задачи необходимо определить величину α_i , где α_i - величина каждого параметра, которая зависит от характеристики моделей и определяется экспериментально, в данном случае, показатели степеней $\alpha_i \div \alpha_7$ определены в следующих диапазонах:

$\alpha_1 = 2,32 \div 2,86$; $\alpha_2 = 1,52 \div 2,08$; $\alpha_3 = 0,78 \div 1,39$; $\alpha_4 = 0,23 \div 0,64$; $\alpha_5 = 0,06 \div 0,14$; $\alpha_6 = 0,0003 \div 0,026$; $\alpha_7 = 0,0002 \div 0,013$. На данном этапе эксперимента используем стандартный промышленный СВЧ с диапазоном $9,15 \pm 25$ частот $2,450 \pm 50$ МГц .

Вместе с тем, имеются следующие проблемы: При постоянном СВЧ нагреве в микроволновых печах в начале процесса происходит частичное высушивание продукта, впоследствии внутренняя часть материала обугливается за счет чрезмерного увеличения температуры; При контактном способе измерения температуры СВЧ, энергия, проникая в глубину материала, перегревает и датчик температуры. Что приводит к неправильному определению температуры высушиваемого материала. Это, в свою очередь приводит к сложностям организации замкнутой системы регулирования температуры продукта. А бесконтактные методы передачи информации о температуре продукта очень дороги, так как СВЧ энергия, проникая в глубину материала, нагревает и датчик температуры. Микроволновое сушильное оборудование является универсальным инструментом тепловой обработки большинства пищевых продуктов и сырья различного типа назначения . В первую очередь имеется в виду микроволновая сушка овощей, фруктов, зелени, ягод, мяса, рыбы, зерна и некоторых других продуктов питания. В основе микроволнового высушивания лежит непрерывное воздействие СВЧ-излучением (электромагнитное излучение сверхвысокой частоты). Под таким излучением материал лишается влаги как в глубоких слоях структуры, так и на поверхности. Именно эта техническая особенность выгодно выделяет микроволновую сушку среди других методов. На рисунке 1 показана микроволновая печь в разобранном виде.

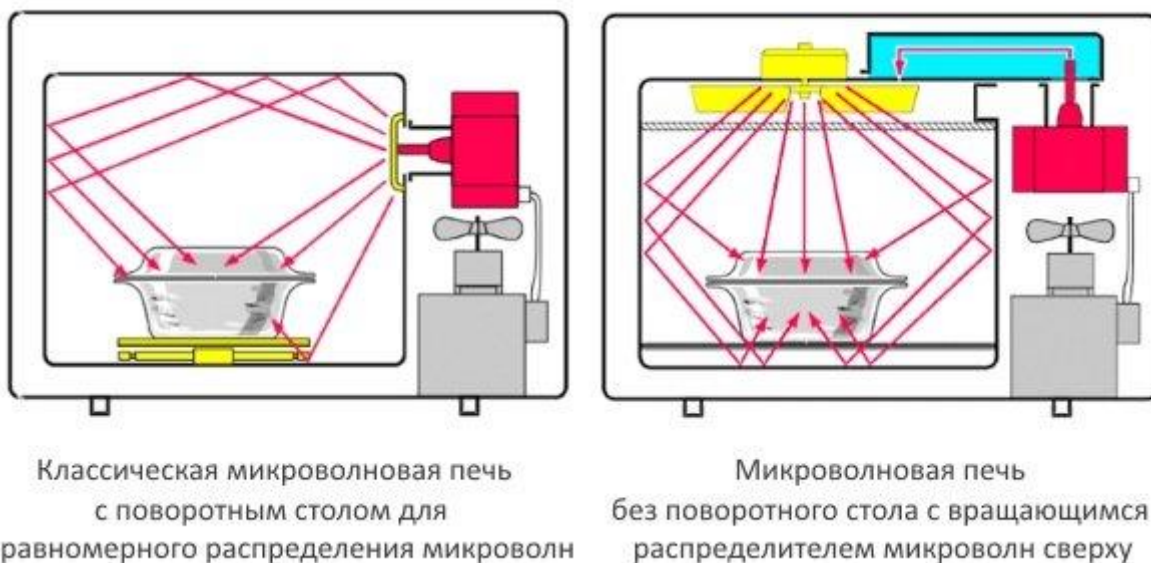


Рис.1. Принципиальная схема СВЧ-печи

Одним из решений данной проблемы, считаем программное управление объектом СВЧ сушки материалов растительного происхождения, с помощью компьютера, на основе математических моделей, разработанных нами [3]. Предлагаем создание системы прямого регулирования на основе этих компьютерных моделей. (ХИПС) На примере объекта(дыни)рассмотрим экспериментальные данные с математической модели, согласно уравнения(1).

Теплофизические характеристики дыни: влажность-92,8; плотность -930кг/м³; коэффициент теплопроводности-0,57Вт/(м*К); коэффициент теплопроводности-15,3*10⁸м²/с. Дыня содержит 92.8 % влаги, 9.1 углеводов в 100 г продукта, это примерно 92% всей энергии из порции или 36 Ккал. Калорийность — 36 Ккал.

Состав медовой дыни: жиры — 0.14 г, белки — 0.54 г, углеводы — 9.09 г, вода — 89.82 г, зола — 0.41 г. Суммарное содержание сахаров — 8.1 г, клетчатки — 0.8 г, крахмала — 0.0 г. Содержание холестерина — 0.0 мг, трансжиров — 0.0 г. В 100 г медовой дыни содержатся белка-0,5г, жиров — 0,1г и углеводов —9,1г. Из жирорастворимых витаминов в медовой дыне присутствуют А, бета-каротин, Е и К. Из водорастворимых — витамины С, В1, В2, В3 (РР), В4, В5, В6 и В9.

Исходя квалиметрических анализов эксперимент производился в диапазоне 70° ÷ С 100° С. Результаты экспериментов, для материала с массой 0.2 кг, начальная температура воздуха 32°С, влажностью 86 % (3-сентябрь, 2020 г.) приведенные в табл. 1. Сравнение результатов экспериментов, проведенных на лабораторной установке системы автоматизации на примере сушки тыквы в математической модели и микроволновой печи показывают целесообразность использования системы автоматизированного интеллектуального управления сушкой материалов растительного происхождения на основе дискретной подачи СВЧ энергии.

Таблица 1.

Результат сушки сорта дыни красно мяска при температуре 100 °С.

№	Начальная масса, г	τ _{нагр} 100°С, с	Масса, г, m ₁	τ _{охлаж} до 50°С, с	Масса охлаж.	Кол.во выделяющ.



	m_0				дыни гр	влаги. мл/гр
1.	200	120	184	1033	158	42
2.	158	105	140	775	123	35
3.	123	90	108	896	98	25
4.	98	75	87	760	79	19
5.	79	60	70	544	65	14
6.	65	50	58	540	54	11
7.	54	40	48	418	44	10
8.	44	30	40	400	39	5
9.	39	20	36	340	30	9
10.	30	20	28	500	24	6
11.	24	20	21	480	19	5
Всего		630		6668/60=111,13		37 мл/гр

Название диаграммы(график)

Таблица 2.

Результат сушки сорта дыни красно мяска при температуре 90°C.

№	Начальная масса, г m_0	$t_{нагр}$, до 90°C, с	Масса, г, m_1	$t_{охлж}$, до 50°C, с	Масса охлж. дыни гр	Кол.во выделяющ. влаги. мл/гр
1.	200	90	194	625	177	23
2.	177	80	167	1122	134	43
3.	134	60	129	841	113	21
4.	113	50	104	857	98	15
5.	98	40	96	670	87	11
6.	87	40	83	558	76	11
7.	76	40	71	435	68	8
8.	68	40	63	481	60	8
9.	60	40	54	485	51	9
10.	51	35	47	452	43	8
11.	43	30	41	396	40	3
12.	40	30	35	314	33	3
13.	33	25	31	311	29	4
14.	29	25	25	301	24	5
15.	24	25	21	310	20	4
Всего		650		7553/60=125.88		49 мл/гр

Название диаграммы(график)

Таблица 3.

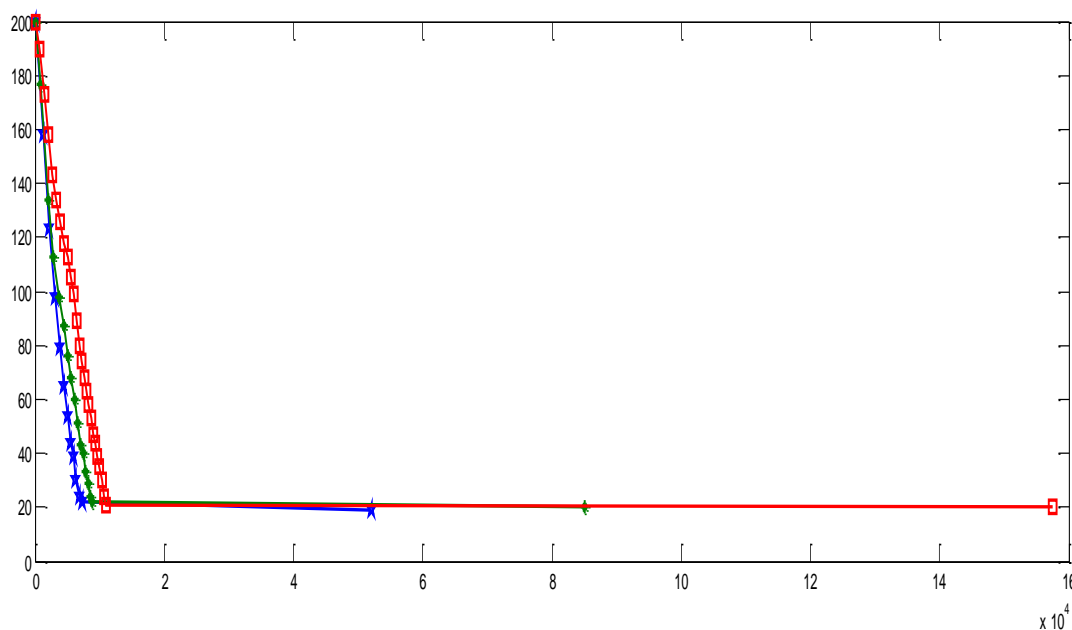
Результат сушки сорта дыни красно мяска при температуре 80°C.



№	Начальная масса, г m_0	$t_{нагр}$ до 80°C, с	Масса, г, m_1	$t_{охлаж}$ до 50°C, с	Масса охлаж. дыни, г	Кол.во выделяющ. влаги. мл/г
	200	75	196	512	190	10
	190	70	184	649	173	23
	173	60	168	577	158	15
	158	55	150	571	143	15
	143	50	140	553	134	9
	134	50	131	589	126	8
	126	45	124	563	118	8
	118	45	116	490	113	5
	113	40	109	483	105	8
	105	40	103	444	99	6
	99	35	97	404	89	10
	89	35	87	383	80	9
	80	35	79	347	74	6
	74	30	73	341	68	6
	68	30	67	327	63	5
	63	30	62	313	58	5
	58	30	56	302	53	5
	53	30	50	380	47	6
	47	25	45	240	44	3
	44	25	42	312	39	5
	39	25	38	317	35	4
	35	20	33	296	30	5
	30	20	28	291	24	6
	24	15	22	298	20	4
Всего		915		$9686/60=161.4$ 3		64мл/гр

Название диаграммы(график)

Рис.1. График сушки в диапазоне от 80- до 100 °С.



В процессе эксперимента установлено функциональная зависимость температура нагрева и массы продукта, учитывая тепловой баланс процесса. Необходимо отметить, что нарушение теплового баланса на первичном слое высушиваемого материала приводит к возникновению корки при температуре 100°C . В процессе моделирование сушки можно описать распределение влаги на поверхностном слое, в первом слое, в среднем слое или в последнем слое. В большинстве случаев достаточным условием расчета является определение средней влажности материала, для этого достаточно использовать классический математический вид. Эксперимент показывает, что скорость процесса сушки определяется средой и условием сушки. При нарушении теплообменного процесса возникает двухфазовая система: твердая и мягкая (корка и мягкая) часть. Диапазон температуры ($100^{\circ}\text{C} \div 70^{\circ}\text{C}$) показывает что наиболее оптимальной температурой является 80°C , т.к. при 100°C возникает корка, а при остальных температурах время сушки увеличивается. Таким образом, эксперименты показывают о необходимости учитывать различные факторы при различных температурах и определить оптимальный вариант решение этой задачи.

References:

1. Рахматов, О., Рахматов, О. О., & Рахматов, Ф. О. (2018). Совершенствование технологии переработки дынь в условиях республики Узбекистан. Ташкент «Фан».
2. Nuriev, K. K., Nuriev, M. K., Rakhmatov, O., & Rakhmatov, F. O. (2022, August). Comprehensive assessment of the degree of flooding of soil-cutting working bodies (on the example of plow shares). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1076, No. 1, p. 012069). IOP Publishing.
3. Rakhmatov, O., Rakhmatov, F. O., Nuriev, K. K., & Nuriev, M. K. (2022, August). Development and justification of the thermal parameters of a mechanized rotary blancher. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1076, No. 1, p. 012068). IOP Publishing.



4. Raxmatov, F. O., Raxmatov, O., Nuriev, K. K., & Nuriev, M. K. (2021, October). Combined dryer with high efficiency for drying high-moist agricultural products. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 868, No. 1, p. 012076). IOP Publishing.
5. Рахматов, О. О., Рахматов, Ф. О., Тухтамишев, С. С., & Худойбердиев, Р. (2019). Дыня древнейшая культурантратальной Азии. In Научные основы развития АПК (pp. 166-168).
6. Рахматов, О. О., Рахматов, Ф. О., & Тухтамишев, С. (2017). ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ВЯЛЕННОЙ ДЫНИ. In Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства (pp. 1317-1320).
7. Rakhmatov, O., Tukhtamishev, S. S., Khudoiberdiev, R. K., Adilov, A. A., & Rahmatov, F. O. (2023, April). Experimental and theoretical studies of the modulus of elasticity and Poisson's ratio for vegetable and melon crops. In International Conference on Digital Transformation: Informatics, Economics, and Education (DTIEE2023) (Vol. 12637, pp. 291-297). SPIE.
8. Нуриев, К. К., Рахматов, О., Кадирова, Р. С., & Рахматов, О. О. (2015). Биоконверсия органических отходов растительного происхождения в условиях Узбекистана. In Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства (pp. 468-470).
9. Рахматов, О., Ботирова, Л. А., Рахматов, О. О., Косимова, Д. Б., & Рахмонов, У. Т. (2015). Новый экологически чистый способ переработки лубяных культур. In Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства (pp. 463-467).
10. Углы, Ф. О., Каримкулов, А. Т., & Базарова, Р. Ш. (2014). Инновационный подход к развитию тутового шелкопряда в червководне замкнутого типа. Вестник Алтайского государственного аграрного университета, (9 (119)), 122-125.
11. Rakhmatov, O., Rakhmatov, F., Kurbanov, E., Rakhmatullaev, R., Kasimov, A., & Musayeva, N. (2023). The methodological foundations of the thermal efficiency in a convective drying unit of the chamber type. In E3S Web of Conferences (Vol. 390). EDP Sciences.
12. Rakhmatov, O., & Rakhmatov, F. (2023). Experimental study of the process of drying melon slices in a chamber-convection dryer. In E3S Web of Conferences (Vol. 443, p. 02004). EDP Sciences.
13. Рахматов, О. (2022). КАМЕРНО-ЦЕПНАЯ СУШИЛЬНАЯ УСТАНОВКА С ИК-ИЗЛУЧЕНИЕМ ДЛЯ ВЯЛЕНИЯ ДЫНИ. Евразийский журнал академических исследований, 2(13), 68-72.
14. Рахматов, Ф. О., & Нуриев, К. К. (2022). ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОДОВ ДЫНИ КАК ОБЪЕКТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ. ИЛМИЙ МАҚОЛАЛАР ТЎПЛАМИ, 330.
15. Artikov, A., Masharipova, Z., & Rakhmatov, F. (2020). AN INTELLECTUAL METHOD TO OPTIMALLY CONTROL THE PROCESS OF MICROWAVE DRYING OF THERMOLABILE PRODUCTS. Chemical Technology, Control and Management, 2020(5), 213-217.
16. Рахматов, О. (2016). К вопросу тепловой оптимизации режима эксплуатации солнечно-топливной сушильной установки конвективного типа. Вестник Алтайского государственного аграрного университета, (1 (135)), 132-138.



17. Рахматов, О., Нуриев, К. К., & Юсупов, А. М. (2013). Безотходная технология переработки остатков хлопчатника. Вестник Алтайского государственного аграрного университета, (6 (104)), 103-108.
18. Рахматов, О. (2015). Реализация и эксплуатация гибких производственных систем комплексной безотходной переработки продуктов виноградарства. Ташкент: Изд-во «Фан».
19. Nuriev, K. K., Nuriev, M. K., Rakhmatov, O., Korabekova, S., & Bakhronova, M. A. (2022, December). Determination of the total resistance of the ploughshare when the blade is blunted. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1112, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.