



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФРУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Узайдуллаев Акмал Олимович

д-р фил. по техн. наук. (PhD), Гулистанский государственный университет. Республика Узбекистан, г. Гулистан

Кузибеков Сардор Комилович

д-р фил. по техн. наук. (PhD), Гулистанский государственный университет. Республика Узбекистан, г. Гулистан

Сайжанова Дилдора Мадалхон кизи

Учитель, Гулистанский государственный университет

Республика Узбекистан, г. Гулистан

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8049983>

ARTICLE INFO

Received: 08th June 2023

Accepted: 15th June 2023

Online: 16th June 2023

KEY WORDS

Сверхвысокая частота,
электромагнитное поле,
диапазон частот,
температура, резонанс,
волна, передатчик, комплекс
проводимости, токи,
генератор, вентиль,
детектор.

ABSTRACT

В статье представлены исследования диэлектрических свойств граната. При нагреве с помощью энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты приведены конструкция камер, определение скорости их движения, а также результаты эксперимента и результаты, связанные с данным исследованием. Диэлектрические свойства продуктов важны при расчете режимов обработки пищевых продуктов.

Диэлектрические свойства изделий важны при диэлектрическом нагреве, то есть при нагреве с помощью энергии сверхвысокочастотного (СВЧ) электромагнитного поля (ЭМП), при конструировании рабочей камеры приборов, при определении скорости их движения, а также при расчете режимов обработки пищевых продуктов.

Такая информация может быть определена экспериментально в диапазоне крайне высоких частот различными методами. Выбор этих методов зависит от состава продукта, температуры и диапазона частот, в котором необходимо проводить измерения.

Ввиду многообразия задач не существует универсального метода измерения диэлектрических свойств. Методы измерения диэлектрических свойств различаются по следующим основным показателям. К ним относятся диапазон частот, предел измерения диэлектрической проницаемости и тангенс угла поглощения; точность измерения этих величин; количество использованного пробного материала; температурный диапазон эксперимента; включая твердое, жидкое и газообразное состояние продуктов, пригодность метода для измерения, сложность пробоподготовки, стоимость оборудования, удобство проведения эксперимента и сложность расчета.

К общепринятым методам в области СВЧ относятся: резонансный, волновой, передающий, метод свободной волны и метод медленной волны.

В настоящее время широко распространена модернизация волноводных методов. Такое разнообразие обусловлено различным сечением его волноводов: отличается тем, что он заполнен прямоугольным или полностью или частично выверенным изделием. Конкретная модификация этого метода зависит от характера распространения электромагнитных волн в волноводе, а также от принципа поиска волн, отраженных от диэлектрика или прошедших через диэлектрик, а с другой стороны, от того, где проходит линия волновода. и образец помещают: на линию, соединенную экспериментально («эксперимент») и отпускаемую («метод полого стержня») или их комбинацию с утвержденной нагрузкой или абсолютным поглощением; с исследуемым продуктом, варьируя толщину слоя, образующего бесконечный слой в волноводе, например, частично заполняя поперечное сечение волновода.

В процессе обработки пищевых продуктов с помощью энергии ЭМП СВЧ необходимо знать их диэлектрические свойства. Электропроводность изделия характеризуется комплексной ϵ^* диэлектрической проводимостью, а диэлектрические свойства диэлектрика (изделий) определяются его электропроводностью по току.

В сложной матрице в диэлектрике комплексное диэлектрическое свойство ϵ^* характеризуется действительным вектором ϵ' и характеризуется поляризационными процессами, для которых характерны «смешанные» токи и его «минимальная» часть - ток проводимости. (Рис.1)

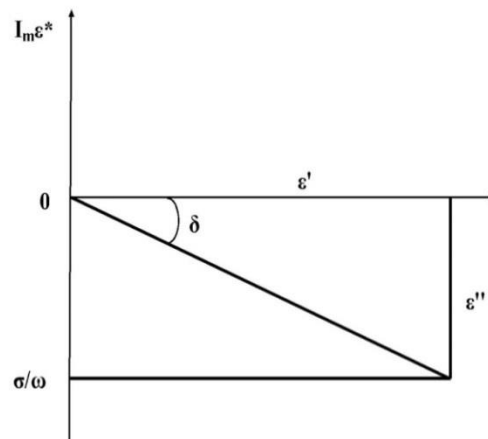


Рисунок-1. Комплексная диэлектрическая проницаемость

При этом понимается минимальный нагрев диэлектрика под действием электрической части ЭМП, определяемый формулой $\epsilon'' = \frac{\sigma}{\vartheta}$. Их также можно описать касательным углом:

$$tg \delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'} = \frac{\sigma}{\vartheta} \cdot \frac{1}{\epsilon'} \quad (1)$$

Чем больше угол $tg \delta$, тем больше энергии затрачивается на нагрев диэлектрика.

Комплексная диэлектрическая проницаемость и ее составляющие ϵ' и ϵ'' в значительной степени зависят от частоты воздействующего поля, температуры и других физико-механических свойств.

Мы измерили диэлектрическую проводимость плодов граната методом «эксперимент» в приборе, блок-схема которого представлена на рис.2.

На рисунок-2 представлена блок-схема прибора для измерения диэлектрической проводимости пищевых продуктов.

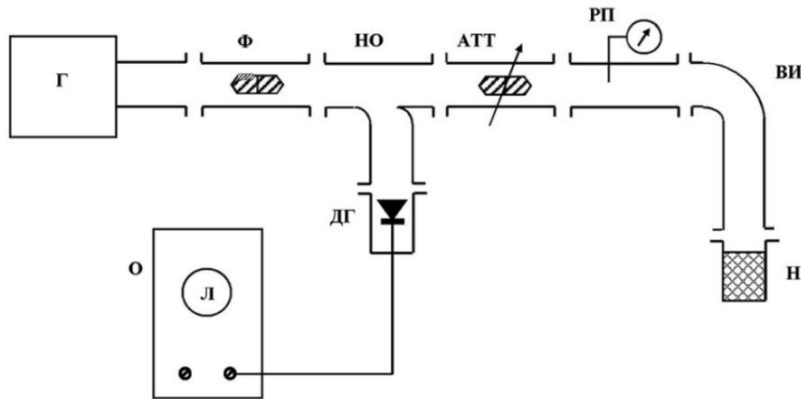


Рисунок-2. Блок-схема установки для измерения диэлектрической проводимости пищевых продуктов.

Г - микроволновый измерительный генератор

Ф - ферритовый затвор (разделение)

НО - направленный разъем

ДГ - детекторная головка

О - осциллограф

Н - сечение волновода, короткозамкнутого с исследуемым диэлектриком (нагрузкой).

АТТ - регулируемый аттенюатор

ИЛ - линия измерения

РП - регистрирующее устройство (микроамперметр М-95 или измерительный усилитель У2-4)

ВИ - изгиб волны.

Устройство для измерения диэлектрической проводимости устроено следующим образом. Устройство имеет генератор Г, являющийся источником измерения сигнала СВЧ. Для стабильной работы генератора установлен ферритовый клапан для устранения электромагнитных волн от нагрузки. Направляющий клапан служит для возврата части энергии НО СВЧ. Энергия от него поступает на осциллограф О через детекторную головку ДГ постоянного тока. Осциллограф служит индикатором равномерности уровня мощности, подаваемой от генератора. Управляемый аттенюатор АТТ обеспечивает возможность варьирования мощности независимо от мощности генератора. Измерительная линия ИЛ считается основным элементом прибора и используется для измерения длины волны, коэффициента стоячей волны Р и минимального электрического поля D_R в волноводе.

Записывающее оборудование РП фиксирует применение поля стоячей волны и распространение поля для получения количественной информации.



Изгиб ВИ волновода используется при поиске жидких диэлектриков для получения волновода Н вертикального эксперимента со стоячей волной.

На основе экспериментальной методики исследования мы проверили диэлектрические свойства (проводимость) плодов граната по следующей экспериментальной методике:

Сюда входит следующая последовательность.

1. После включения внешнего шунта и подготовки устройства (рис.2) к экспериментальному стенду добавляется генератор ГЗ-10А;

2. К изгибу волновода присоединяем экспериментальный волновод волновода, только он не должен быть заполнен продуктом (диэлектриком);

3. Изменяя положение детектора волновых линий после прогрева генератора, находят положение минимума стоячей волны относительно плоскости свободного основания;

4. Измеряя минимальное расстояние между стоячими волнами, вычисляют длину волны λ_e волновода. Длина волны в два раза больше измеренного расстояния.

5. Участок экспериментального волновода заполнялся исследуемым продуктом. При заливке необходимо обратить внимание на плотное примыкание диэлектрика (изделия) к краям волновода.

6. Измеряется положение минимума D-стоячей волны относительно базовой плоскости.

7. Измерение коэффициента стоячей волны:

$$D_r = \left(\frac{I_{max}}{I_{min}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

При этом: I_{max} -показания микроамперметра при максимальной стоячей волне;

I_{min} -минимальное показание микроамперметра со стоячей волной.

8. Аналогичное измерение проводится при другой толщине диэлектрика при l_2 и при D_2 .

$$9. \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda_b} \text{ считается.} \quad (3)$$

10. Для измеренного D:

$$\varphi_r = 2\beta(D_r - D_R - \ell_r) \text{ и } |\Gamma_r| = \frac{P_2 - 1}{P_1 - 1} \quad (4)$$

считается.

11. Комплексное число определяется:

$$C_1 < -\psi_1 = \frac{1}{j\rho\ell} \left(\frac{1 - |\Gamma_2| \cdot \ell^j \cdot \varphi_3}{1 + |\Gamma_1| \cdot \ell^j \cdot \varphi_2} \right) \quad (5)$$

12. $C_1 < -\psi_1 = \frac{th(T_r < \tau_r)}{T_r < \tau_r}$ уравнение решается относительно T_l и τ_l ;

13. Вычисляем соответствующие комплексные числа:

$$y_r = \left(\frac{T}{\beta\ell_r} \right)^2 [\cos 2(\tau_r - 90^\circ) + j \sin 2(\tau_r - 90^\circ)] \quad (6)$$

14. Рассчитываем то же самое для толщины диэлектрика l_2 :

$$\varphi_2 = 2\beta(D_2 - \ell_2) \text{ и } |\Gamma_l| = \frac{P_1 - 1}{P_2} \quad (7)$$

15. Определение комплексного числа;



$$C_2 < -\psi_2 = \frac{1}{j\rho\ell} \left(\frac{1-|\Gamma_2|\cdot\ell^j\varphi_2}{1+|\Gamma_2|\cdot\ell^j\varphi_2} \right) \quad (8)$$

и решается следующее уравнение;

$$C_2 < -\varphi_2 = \frac{th(\tau_2 < \tau_2)}{\tau_2 < \tau_2} \quad (9)$$

16. Вычисляем соответствующее комплексное число:

$$Y_2 = \left(\frac{T}{\beta\ell_2} \right)^2 [\cos 2(\tau_2 - 90^\circ) + j \sin 2(\tau_2 - 90^\circ)] \quad (10)$$

17. ε' , ε'' и $tg\delta$ рассчитываются путем выбора соответствующей величины У:

$$Y = g + j\beta \quad (11)$$

$$\varepsilon' = \frac{g + \left(\frac{\lambda\beta}{2d}\right)^2}{1 + \left(\frac{\lambda\beta}{2d}\right)^2} \quad (12)$$

$$\varepsilon'' = \frac{B}{1 + \left(\frac{\lambda\beta}{2d}\right)^2} \quad (13)$$

$$tg\delta = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} \quad (14)$$

где: δ - длина широкой части волновода.

Экспериментальное исследование диэлектрических свойств (проводимости) гранатового сока, результаты, полученные и рассчитанные по вышеизложенной методике, занесены в таблицу:

Таблица

Диэлектрическая проводимость плодов граната

№	Сорта граната	Количество сока, %	Диэлектрическая проводимость $f = 2300$ мГц $t = 20^\circ\text{C}$		
			ε'	ε''	$tg\delta$
1	Казахский гранат	40-45	60,2	16,1	0,27
2	Красный гранат	45-50	61,3	17,2	0,28
3	Пряный гранат	25-30	56,7	15,4	0,27
4	Черный гранат	30-35	59,6	15,8	0,26
5	Настоящий гранат	25-30	57,1	14,9	0,26
6	Розовый гуляш (сладкий белый стручок)	20-25	53,8	14,3	0,28

Данные, приведенные в таблице, показывают, что использовались соки, полученные из местных сортов граната, выращенного в Мирзаабадском районе Сырдарьинской области.

В заключение можно сказать, что диэлектрическая проводимость гранатового сока зависит от сорта граната. Их количество в основном зависит от количества сока в гранате - количества жидкости. Точно так же они зависят от частоты и температуры ЭМП СВЧ.



References:

1. N.R. Barakaev, J.M. Kurbanov, A.O. Uzaydullaev, A.X. Gafforov “[Qualitative purification of pomegranate juice using electro flotation](#)” IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021/9/1, T-848, 012024 p.
2. Kurbanov Jamshid, Barakaev Nusratilla, Uzaydullaev Akmal “[Qualitative purification of pomegranate juice using electroflotation](#)” Universum: технические науки, 2021 № 10-5 (91) 47-51 с.
3. Barakaev N.R., Kurbanov J.M., Uzaydullaev A.O. Pasteurization pomegranate juice by extremely high-frequency electromagnetic field energy // Технические науки и инновации журнал «Technical science and innovation», Ташкент: 2020. №4, С.246-252.
4. Курбанов Ж.М., Узайдуллаев А.О. Экспериментальное определение диэлектрических свойств плодов граната // Сборник статей XXIX научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Умидли кимёгарлар-2020», Ташкент, 2020. - С.297-298.
5. Узайдуллаев А.О. Создание технологии получения концентрата сока из местных сортов граната // Диссертация. Автореферат Гулистан - 2022.
6. Эшматов Ф.Х. Разработка технологии регулирования кислотности гранатового сока и снижения показателя мутности // Диссертация. Автореферат Ташкент-2017.
7. Uzaydullaev, A. (2023). EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE DIELECTRIC PROPERTIES OF FRUITS (USING ULTRA-HIGH FREQUENCY (UHF) ELECTROMAGNETIC FIELD (EMM) ENERGY). *Science and innovation*, 2(A1), 217-221.
8. Kuzibekov, S. (2023). ANALYTICAL AND THEORETICAL STUDIES OF THE ASPIRATION AND FRACTIONATION PROCESS OF LOCAL SOYBEAN SEEDS. *Science and innovation*, 2(A1), 222-231.
9. Barakaev, N. R., & Kuzibekov, S. K. (2022). INVESTIGATION OF FLOW HYDRODYNAMICS IN THE PROCESS OF ASPIRATION CLEANING OF SOYBEAN SEEDS (GRAIN) ON A COMPUTER MODEL. *Harvard Educational and Scientific Review*, 2(2).
10. Rajabovich, B. N., Nusratillayevich, R. A., Tashpulatovich, K. M., & Komilovich, K. S. (2020). Improvement of the design of mobile equipment for post-harvest processing of agricultural crops. *Journal of critical reviews*, 7(14), 306-309.
11. Barakaev, N. R., Kurbanov, J. M., Uzaydullaev, A. O., & Gafforov, A. X. (2021, September). Qualitative purification of pomegranate juice using electro flotation. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 848, No. 1, p. 012024). IOP Publishing.
12. Nurmuxamedov, A., & Jankorazov, A. (2023). ANALYSIS OF THE METHODS OF IMPROVING THE FRYING PROCESS IN THE PRODUCTION OF VEGETABLE OILS. *Science and innovation*, 2(A1), 266-271.
13. Sattorov, K. K., & Nurmuxamedov, A. A. (2021). Jankorazov. AM, Choriev KR “Features of Triglycerides Isomerization in the Process of Hydrogenization of Cottonseed Oils” *International Journal of Disaster Recovery and Business Continuity*, 12(1), 990-997.
14. Nurmuxamedov, A., & Jankorazov, A. (2023). METHODS OF IMPROVING THE FRYING PROCESS IN THE PRODUCTION OF SOY OIL. *Евразийский журнал академических исследований*, 3(4 Part 4), 41-48.



15. Xamdamov, M., Jankorazov, A., Xazratqulov, J., & Xidirova, S. (2023). STRUCTURE OF PROTEINS AND APPLICATION IN THE FIELD OF BIOTECHNOLOGY. *Евразийский журнал академических исследований*, 3(4 Part 4), 212-220.
16. Jankorazov, A., Xolmamatova, D., & Murodboyeva, M. (2023). ENZYMES AND THEIR INDUSTRIAL APPLICATION METHODS. *International Bulletin of Engineering and Technology*, 3(3), 102-107.
17. Solijonov, G., Uzaydullaev, A., Kuzibekov, S., & Jankorazov, A. (2023). THE ROLE OF STANDARDIZATION IN THE INDUSTRY AND THE ANALYTICAL METHODS OF PRODUCT CERTIFICATION. *Science and innovation*, 2(A3), 144-149.
18. Javsurbek, K., Abror, J., Akhmad, N., & Shakir, I. (2023). REQUIREMENTS FOR THE QUALITY OF RAW MATERIALS PROCESSED IN THE INDUSTRY. *Universum: технические науки*, (1-4 (106)), 47-49.
19. Khazratkulov, J. Z., & Tashmurotov, A. N. (2023). STUDYING METHODS OF IMPROVING THE PROCESS OF APPLE JUICE PRODUCTION. *International Bulletin of Engineering and Technology*, 3(4), 38-42.
20. Karshievich, S. K., & Uli, K. J. Z. (2021). Dependence of the Content of Trans-Isomerized Fatty Acids on Hydrogenate Indicators. *Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science*, 2(10), 27-30.
21. Jankorazov, A., Saydjanova, D., & Navro'zova, I. (2023). CHEMICAL COMPOSITION OF SOY PLANT AND IMPROVING TECHNOLOGY OF OIL PROCESSING IN INDUSTRY. *Евразийский журнал академических исследований*, 3(5 Part 2), 111-116.
22. Yusupov, T., Solijonov, G., Uzaydullaev, A., Kuzibekov, S., & Jankorazov, A. (2023). METHODS OF STUDYING MEASUREMENTS AND ERRORS OF INTERNATIONAL STANDARD REQUIREMENTS. *Евразийский журнал академических исследований*, 3(6 Part 2), 49-55.