

УДК 664.843:635.621

## Исследование осциллирующего режима энергоподвода в процессах сушки цукатов из тыквы в микроволновом поле

В. А. Парамонова\*, В. Н. Кудрявцев

\**Донецкий национальный университет экономики и торговли, г. Донецк;*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7815-5112>, e-mail: [vaparamonova@mail.ru](mailto:vaparamonova@mail.ru)

Информация о статье      Реферат

Поступила в редакцию  
08.11.2018;

получена после  
доработки  
11.07. 2019

*Ключевые слова:*  
сушка  
в микроволновом поле,  
цукаты из тыквы,  
влажность,  
конечная масса

*Для цитирования*

Одной из современных тенденций пищевой индустрии является производство цукатов из различного плодовоовощного и ягодного сырья. В процессе производства цукаты насыщаются сахаром, что частично улучшает состав фруктовых пищевых кислот, увеличивает сроки хранения сырья и облегчает его транспортирование. Целью статьи является раскрытие возможностей интенсификации процесса сушки тыквы в линии производства цукатов за счет подведения микроволновой энергии (СВЧ). Работа направлена на обоснование и выбор технологических режимов сушки в микроволновом поле кусочков тыквы, предварительно уваренных в сахарном сиропе. Для достижения поставленной цели использовались аналитические и экспериментальные методы исследования: планирование экспериментов, статистический анализ. В процессе проведения исследований было установлено, что начальная влажность продукта и режимы его предварительной обработки (бланширование в пароконвектомате) оказывают существенное влияние на скорость потери влаги продуктом в процессе сушки в СВЧ-поле. Предварительное бланширование тыквы проводилось в пароконвектомате на протяжении 5 мин при температуре 120 °С. Данный режим обработки паром позволяет лучше сохранить капиллярно-пористую структуру продукта, при этом после пяти серий подвода СВЧ-энергии (1 мин обработка, 5 мин релаксация) удалось достичь уровня влажности 27,28 %, в то время как для остальных режимов обработки потребовалось более длительное время сушки. В результате обработки полученных данных построены графики изменения массы, влажности и скорости сушки продукта в процессе его обработки. На основании регрессионного анализа исследуемых факторов были выявлены наиболее значимые величины, оказывающие влияние на конечную массу продукта и его конечную влажность и построены модели для осциллирующего энергоподвода. К наиболее существенным показателям, оказывающим влияние на конечные свойства продукта, были отнесены общее время СВЧ-обработки продукта в камере, общее время релаксации продукта, начальная масса продукта и предельное напряжение сдвига продукта, поступившего на обработку.

Парамонова В. А. и др. Исследование осциллирующего режима энергоподвода в процессах сушки цукатов из тыквы в микроволновом поле. Вестник МГТУ. 2019. Т. 22, № 3. С. 379–385. DOI: 10.21443/1560-9278-2019-22-3-379-385.

## Drying processes of pumpkin candied fruits in the microwave field: Studying the oscillating mode of energy supply

Viktoriya A. Paramonova\*, Vladimir N. Kudryavtsev

\**Donetsk National University of Economics and Trade, Donetsk;*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7815-5112>, e-mail: [vaparamonova@mail.ru](mailto:vaparamonova@mail.ru)

*Article info*

Received  
08.11.2018;  
received in revised  
11.07. 2019

*Key words:*  
drying  
in the microwave field,  
candied pumpkin,  
humidity,  
finite mass

*Abstract*

One of the modern trends in the food industry is the production of candied fruits and vegetables from various raw materials. In the process of production candied fruits are saturated with sugar, which partially improves the composition of fruit food acids, increases the shelf life of raw materials and facilitates its transportation. The aim of the research is to reveal the possibilities of intensifying the drying process of pumpkins in the production line of candied fruits by summing up microwave energy (microwave). The work is aimed at the justification and selection of technological modes of drying in the microwave field of pumpkin pieces pre-cooked in sugar syrup. To achieve this goal, analytical and experimental research methods have been used: planning of experiments, statistical analysis. During the research it has been found that the initial moisture content of the product and its pretreatment modes (blanching in the Combi oven) have a significant impact on the rate of moisture loss of the product during drying in the microwave field. Preliminary blanching of the pumpkin has been carried out in the Combi oven for 5 minutes at  $t = 120$  °C. This mode of steam treatment allows better preservation of the capillary-porous structure of the product, while after five series of microwave energy supply (1 minute treatment, 5 minutes relaxation) a moisture level of 27.28 % has been achieved, as the remaining processing modes require a longer drying time. As a result of processing the obtained data, graphs of changes in mass, humidity and drying rate of the product during its processing have been created. The most significant indicators affecting the final properties of the product have been considered the total time of microwave processing of the product in the chamber, the total relaxation time of the product, the initial mass of the product and the limit shear stress of the product received for processing.

*For citation*

Paramonova, V. A. et al. 2019. Drying processes of pumpkin candied fruits in the microwave field: Studying the oscillating mode of energy supply. *Vestnik of MSTU*, 22(3), pp. 379–385. (In Russ.) DOI: 10.21443/1560-9278-2019-22-3-379-385.

## Введение

Одним из перспективных направлений развития пищевой промышленности является разработка качественно новых технологий, используемых в производстве биологически ценных продуктов питания с применением растительного сырья. В настоящее время значительно увеличился интерес к изготовлению цукатов из овощей. При технологической переработке тыквы и получении из нее цукатов в значительной степени сохраняются полезные витамины и микроэлементы, поэтому данный вид кулинарных изделий можно отнести к биологически ценным продуктам питания.

Следует отметить, что от качества исходного сырья в значительной степени зависит качество и пищевая ценность производимых цукатов. Технология изготовления цукатов базируется на замещении свободной влаги, находящейся в плодах, сахарным раствором; данное замещение осуществляется в процессе варки плодов в сиропе.

На предприятиях по производству цукатов применяются классические рецепты и современные технологии, что позволяет сохранить полезные вещества, обеспечить вкусовые характеристики и внешний вид изделий, добиться высокого качества выпускаемой продукции, соответствующей всем требованиям безопасности.

Цукаты, произведенные по традиционным технологиям переработки, имеют ряд существенных недостатков:

- повышенное содержание сахара (68–72 %) (данный продукт неприемлем для употребления людьми с сахарным диабетом);
- изменение внешнего вида готового продукта (снижается его привлекательность);
- существенное сокращение содержания витаминной группы (при длительной тепловой обработке).

Особенности технологических процессов изготовления цукатов на различных предприятиях отмечены в работе (*Райхель и др., 2017*); в научной литературе рассмотрены также вопросы сушки тыквы (*Hashim et al., 2014; Ciurzyńska et al., 2013*) и определения ее физико-механических свойств (*Shirmohammadi et al., 2012; Henriques et al., 2012*); в качестве основных недостатков технологической переработки указаны длительность тепловой обработки рецептурных компонентов (сиропа), а также процессов варки и сушки цукатов.

Настоящее исследование направлено на поиск путей интенсификации тепловых процессов при производстве цукатов из тыквы, что должно привести к уменьшению энергоемкости технологического процесса, а соответственно – затрат предприятия, сокращению потерь биологически активных веществ, улучшению вкуса и товарного вида готовой продукции. Интенсификация процесса сушки тыквы возможна при подведении микроволновой энергии (СВЧ). В ходе исследования решались задачи по изучению традиционных технологий производства цукатов из тыквы; выявлению рациональных методов тепловой обработки тыквы, позволяющих сократить их длительность; получению эмпирических зависимостей для расчета конечной массы и влажности продукта.

## Материалы и методы

Начальную температуру тыквы и ее температуру после обработки контролировали с помощью инфракрасного термометра Cason CA380 (в соответствии с ГОСТ 16263-70<sup>1</sup> данный метод измерения относится к методу непосредственной оценки значения температуры). Контроль температуры после обработки производили непрерывно до окончания периода релаксации.

Время обработки продукта в СВЧ-поле измеряли с помощью секундомера СОППР-2а-3-000 ТУ-25-1894.003-90.

Для контроля размеров кусочков тыквы в ходе их предварительной нарезки применяли штангенциркуль ШЦЦ-1-150-0,01-ТЗ ТУ У.33.2-30291682-001-2004.

Массу продукта (до и после проведения эксперимента) определяли с использованием лабораторных весов Ohaus SPS 6001F. Начальную влажность продукта устанавливали по справочным данным для тыквы столового сорта, конечную влажность рассчитывали по стандартным зависимостям от массы и начальной влажности.

После обработки продукта в СВЧ-поле выявляли период релаксации волн в продукте и убыль его массы на данном этапе. Для этого размещали продукт на лабораторных электронных весах; пирометр устанавливали над ним (в активном состоянии); непрерывно фиксировали изменение температуры и массы кусочков тыквы посредством видеосъемки цифровых табло контрольно-измерительных приборов. Длительность контроля температуры в период релаксации составила 5 мин.

Контроль предельного напряжения сдвига продукта осуществляли на лабораторном пенетрометре в соответствии с ГОСТ 32331-2013<sup>2</sup> "Смазки пластичные. Определение пенетрации с использованием

<sup>1</sup> ГОСТ 16263-70. Государственная система обеспечения единства измерений метрология. Термины и определения. М., 1983.

<sup>2</sup> ГОСТ 32331-2013. Смазки пластичные. Определение пенетрации с использованием пенетрометра с конусом на одну четверть и половину шкалы. М., 2014.

пенетрометра с конусом на одну четверть и половину шкалы" при комнатной температуре со свободным падением конуса в поверхностный слой тыквы.

Для определения радиуса размещения продукта в камере проводили предварительные эксперименты по визуализации волн в микроволновой печи (Парамонова и др., 2016).

### Результаты и обсуждение

Для определения рациональных параметров обработки тыквы в СВЧ-поле (варки и сушки) при изготовлении цукатов были проведены экспериментальные исследования с использованием серийно выпускаемой микроволновой печи LG (модель МН 68070).

В процессе осциллирующего режима энергоподвода мощность магнетрона составила 900 Вт. Микроволновая печь была установлена в соответствии с руководством по эксплуатации (рис. 1). Для дополнительного контроля потребляемой микроволновой печью мощности включение в сеть осуществлялось через измерительный комплекс К-50.

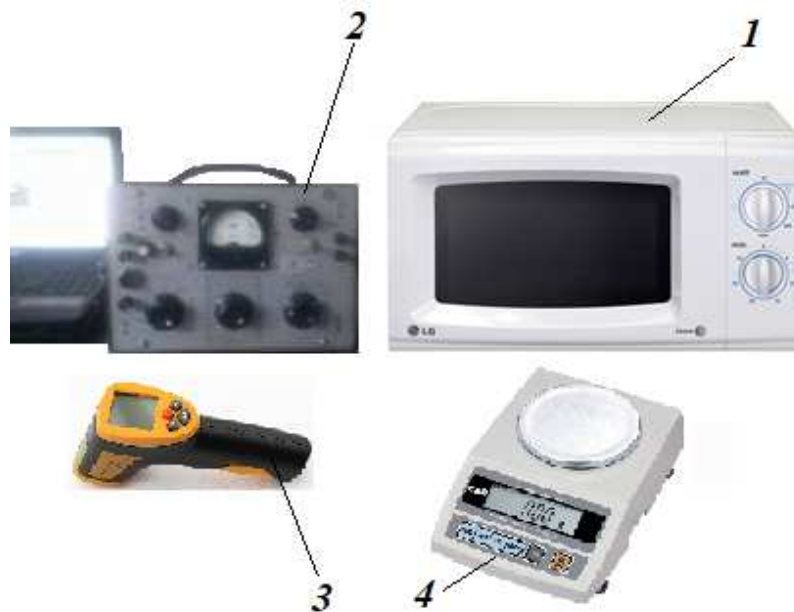


Рис. 1. Общий вид экспериментального стенда: 1 – микроволновая печь;  
2 – контрольно-измерительная аппаратура; 3 – пирометр; 4 – весы лабораторные  
Fig. 1. General view of the experimental stand: 1 – microwave oven; 2 – instrumentation;  
3 – pyrometer; 4 – laboratory scales

Продукт на СВЧ-обработку подавался после предварительного бланширования в пароконвектомате, что позволило учесть в процессе экспериментальных исследований напряжение сдвига продукта, которое определяли с помощью пенетрометра. Обработанную в пароконвектомате тыкву после определения напряжения сдвига разрезали на кубики (размер боковой грани кубика 10 мм).

Для каждых 10 порций продукта массой 40–50 г предварительно в СВЧ-поле уваривали сахарный раствор: сахар смешивали с водой в пропорции 1 : 1, после чего осуществляли его СВЧ-варку в течение 2 мин.

Подготовленный к варке в СВЧ-поле продукт направляли на контроль массы и температуры, после чего помещали в сахарный сироп, масса и температура которого также были определены. После установления суммарной массы и начальной температуры емкость с кусочками тыквы в сахарном сиропе помещали в микроволновую печь. По результатам СВЧ-варки тыквы в сахарном сиропе было отмечено, что карамелизация сахарного сиропа в микроволновом поле происходила уже через 3 мин его обработки, а через 4 мин сироп приобретал насыщенный коричневый цвет, характерный запах карамели и тягучую консистенцию, что ограничивало время варки кусочков цукатов в микроволновом поле.

Уваренные кусочки извлекали из емкости и помещали на сетчатую поверхность для стекания избытка сахарного сиропа. По окончании стекания сиропа также осуществляли контроль массы и температуры продукта, после чего порция кусочков тыквы размещалась на плоскости в один слой и поступала на обработку в микроволновую печь.

Обработка продукта в микроволновой печи осуществлялась в течение 1 мин, после чего проводили контроль температуры и массы продукта в период релаксации по описанной выше методике. Количество циклов обработки в осциллирующем режиме зависело от свойств сырья и определялось степенью готовности продукта и в целом не превышало 6 мин. Данного времени было достаточно для эффективного подсушивания кусочков тыквы с сохранением ими структуры.

По результатам проведенных экспериментальных исследований процессов сушки вареных кусочков тыквы в СВЧ-поле при осциллирующем энергоподводе были построены графики изменения массы (рис. 2), влажности (рис. 3) и скорости сушки (рис. 4).

Шести режимам, представленным на графиках, соответствуют следующие данные:

- 1)  $\tau_{\text{СВЧ}} = 420$  с,  $\tau_{\text{рел}} = 1560$  с,  $m_{\text{нач}} = 0,0994$ ,  $\omega_{\text{нач}} = 80,2$  %,  $\tau_{\text{сдв}} = 52767,5$  Па;
- 2)  $\tau_{\text{СВЧ}} = 360$  с,  $\tau_{\text{рел}} = 1260$  с,  $m_{\text{нач}} = 0,0735$ ,  $\omega_{\text{нач}} = 78,5$  %,  $\tau_{\text{сдв}} = 4150,1$  Па;
- 3)  $\tau_{\text{СВЧ}} = 420$  с,  $\tau_{\text{рел}} = 1560$  с,  $m_{\text{нач}} = 0,0775$ ,  $\omega_{\text{нач}} = 80,1$  %,  $\tau_{\text{сдв}} = 34493,6$  Па;
- 4)  $\tau_{\text{СВЧ}} = 540$  с,  $\tau_{\text{рел}} = 2160$  с,  $m_{\text{нач}} = 0,0719$ ,  $\omega_{\text{нач}} = 79,9$  %,  $\tau_{\text{сдв}} = 19506,3$  Па;
- 5)  $\tau_{\text{СВЧ}} = 420$  с,  $\tau_{\text{рел}} = 1560$  с,  $m_{\text{нач}} = 0,0609$ ,  $\omega_{\text{нач}} = 79,4$  %,  $\tau_{\text{сдв}} = 6655,3$  Па;
- 6)  $\tau_{\text{СВЧ}} = 420$  с,  $\tau_{\text{рел}} = 1560$  с,  $m_{\text{нач}} = 0,0714$ ,  $\omega_{\text{нач}} = 80,2$  %,  $\tau_{\text{сдв}} = 4799,5$  Па.

Полученные данные свидетельствуют о том, что начальная влажность продукта и режимы его предварительной обработки оказывают существенное влияние на скорость потери влаги продуктом в процессе СВЧ-сушки. Так, учитывая минимальное время обработки в пароконвектомате (5 мин при температуре  $t = 120$  °С), следует отметить, что после пяти серий подвода энергии (обработка – 1 мин, релаксация – 5 мин) удалось достичь уровня влажности 27,28 %, в то время как для остальных режимов обработки потребовалось более длительное время сушки для достижения данного значения. Данное явление можно объяснить расширением каналов для выхода влаги из кусочков продукта с максимальным сохранением их целостности, в то время как более длительная обработка паром (этап предварительного бланширования) приводит к "склеиванию" слоев продукта и ухудшению условий выхода влаги из него.

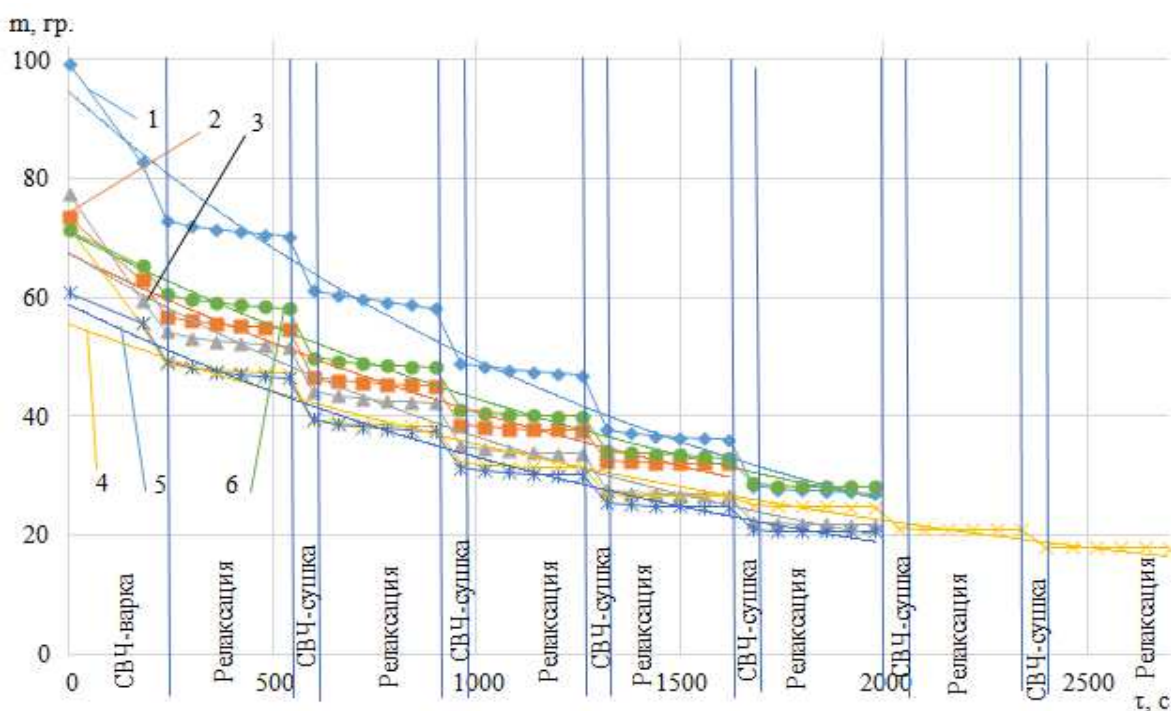


Рис. 2. График изменения массы тыквы в процессе СВЧ-сушки (энергоподвод и релаксация) при осциллирующем режиме  
 Figure 2. Graph of changes in pumpkin mass during microwave drying (energy behavior and relaxation) in oscillating mode

Максимальная скорость сушки продукта соответствовала непосредственному подведению энергии в СВЧ-поле и в зависимости от влажности продукта составляла от 0,16 до 0,05 кг/с при влажности продукта, приближающейся к 30 %. В период релаксации продукта скорость сушки снижалась до нуля в конце периода.

В результате регрессионного анализа исследуемых факторов были выявлены наиболее значимые величины, оказывающие влияние на конечные массу и влажность продукта, и построены модели для осциллирующего энергоподвода:

$$m_{\text{кон}} = -7,48 \cdot 10^{-6} \tau_{\text{СВЧ}} + 0,575 \tau_{\text{рел}} + 0,0002 m_{\text{нач}} - 3,49 \cdot 10^{-7} \tau_{\text{сдв}} - 0,01, \quad (1)$$

$$\omega_{\text{кон}} = -0,0248 \tau_{\text{СВЧ}} + 497,525 \tau_{\text{рел}} + 5,437 m_{\text{нач}} - 7,699 \cdot 10^{-4} \tau_{\text{сдв}} - 368,968, \quad (2)$$

где  $\tau_{\text{СВЧ}}$  – общее время СВЧ-обработки продукта в камере, с;  $\tau_{\text{рел}}$  – общее время релаксации продукта, с;  $m_{\text{нач}}$  – начальная масса продукта, кг;  $\tau_{\text{сдв}}$  – предельное напряжение сдвига продукта, Па.

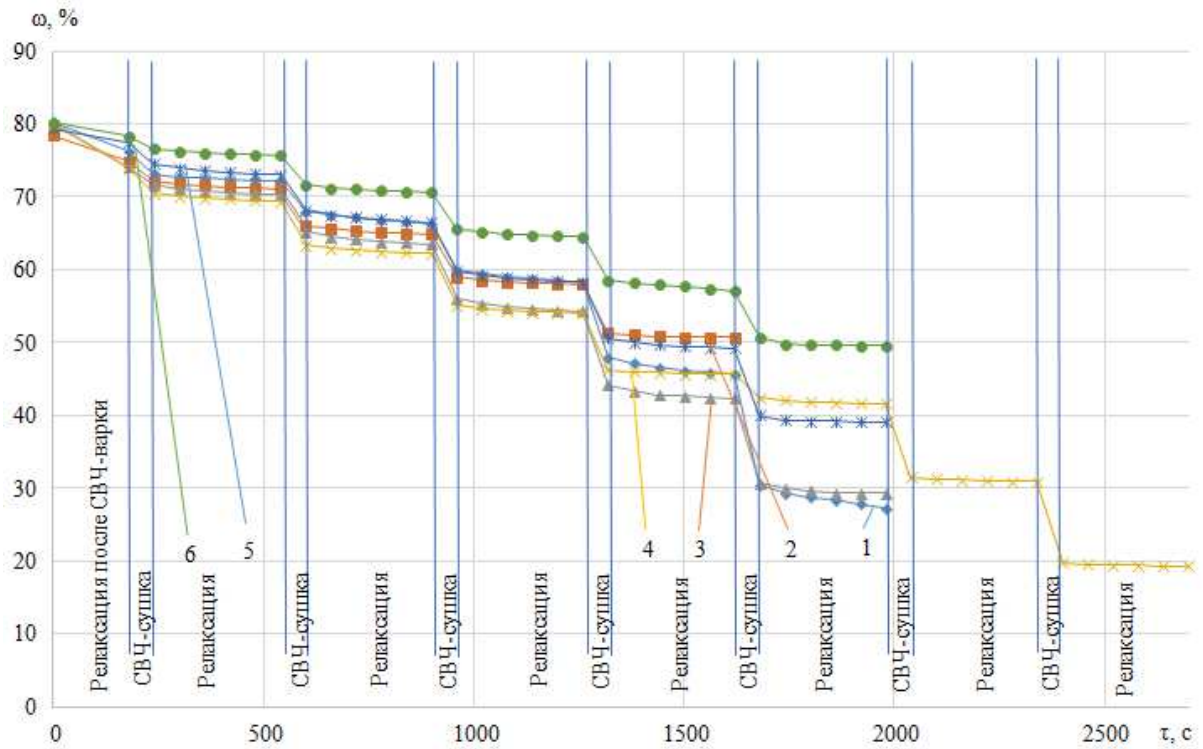


Рис. 3. График изменения влажности тыквы в процессе СВЧ-сушки (энергоподвод и релаксация) при осциллирующем режиме  
 Fig. 3. Graph of the pumpkin humidity in the microwave drying (energy behavior and relaxation) in oscillating mode

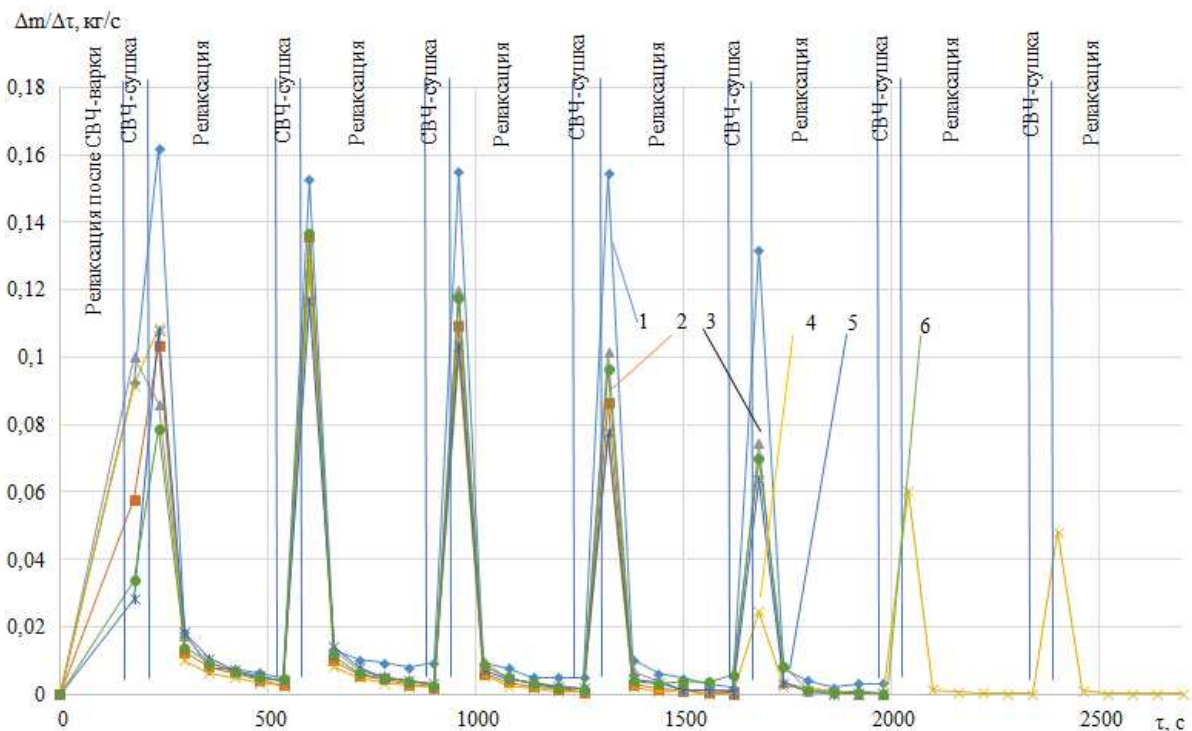


Рис. 4. График изменения скорости сушки тыквы в процессе СВЧ-сушки (энергоподвод и релаксация) при осциллирующем режиме  
 Fig. 4. Graph of the rate of pumpkin drying in the microwave processing (energopitanie and relaxation) in oscillating mode

Данные регрессионного анализа зависимости конечной массы и влажности продукта от общего времени СВЧ-обработки продукта в камере (X1), общего времени релаксации продукта (X2), начальной массы продукта (X3) и предельного напряжения сдвига продукта (X4) представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Регрессионный анализ модели, используемой для расчета конечной массы продукта  
Table 1. Regression analysis of the model for the final product mass

<i>Регрессионная статистика</i>						
Множественный R	0,997					
R-квадрат	0,993					
Нормированный R-квадрат	0,967					
Стандартная ошибка	0,001					
Наблюдения	6					
<i>Дисперсионный анализ</i>						
–	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	Значимость <i>F</i>	
Регрессия	4	0,00014	$3,54882 \cdot 10^{-5}$	37,0851	0,1225	
Остаток	1	$9,5694 \cdot 10^{-7}$	$9,5694 \cdot 10^{-7}$	–	–	
Итого	5	0,00014291	–	–	–	
–	Коэффициент	Стандартная ошибка	<i>t</i> -статистика	<i>P</i> -значение	Нижние 95 %	Верхние 95 %
У-пересечение	–0,0107	0,0725	–0,1476	0,9067	–0,9318	0,91
Переменная X1	$-7,476 \cdot 10^{-6}$	$1,558 \cdot 10^{-6}$	–4,797	0,13	$-2,73 \cdot 10^{-5}$	$1,23 \cdot 10^{-5}$
Переменная X2	0,5746	0,078	7,3417	0,086	–0,42	1,569
Переменная X3	0,00018	0,0009	0,1917	0,879	–0,012	0,0119
Переменная X4	$-3,495 \cdot 10^{-7}$	$5,516 \cdot 10^{-8}$	–6,3356	0,0997	$-1,05 \cdot 10^{-6}$	$3,51 \cdot 10^{-7}$

Таблица 2. Регрессионный анализ модели, используемой для расчета конечной влажности продукта  
Table 2. Model regression analysis for final product moisture

<i>Регрессионная статистика</i>						
Множественный R	0,9998					
R-квадрат	0,9996					
Нормированный R-квадрат	0,9980					
Стандартная ошибка	0,5643					
Наблюдения	6					
<i>Дисперсионный анализ</i>						
–	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	Значимость <i>F</i>	
Регрессия	4	809,857	202,464	635,866	0,030	
Остаток	1	0,318	0,318	–	–	
Итого	5	810,175	–	–	–	
–	Коэффициент	Стандартная ошибка	<i>t</i> -статистика	<i>P</i> -значение	Нижние 95 %	Верхние 95 %
У-пересечение	–368,968	41,817	–8,823	0,072	–900,299	162,362
Переменная X1	–0,025	0,001	–27,605	0,023	–0,036	–0,013
Переменная X2	497,525	45,148	11,020	0,058	–76,130	1 071,180
Переменная X3	5,437	0,533	10,210	0,062	–1,329	12,204
Переменная X4	–0,001	0,000	–24,197	0,026	–0,001	0,000

### Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований установлены рациональное время и температура бланширования крупно рубленой тыквы, время карамелизации сахарного раствора в СВЧ-поле, определены условия сушки в СВЧ-поле для проведения дальнейших исследований в непрерывном режиме энергоподвода. В результате обработки полученных данных построены модели для расчета конечной массы и влажности продукта и подтверждена эффективность использования СВЧ-методов для интенсификации процессов сушки тыквы в линии производства цукатов.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность магистрантам кафедры оборудования пищевых производств ДонНУЭТ им. М. И. Туган-Барановского А. А. Мухину и И. С. Пасхину, принимавшим участие в процессе проведения исследований, результаты которых были использованы при написании статьи.



### Библиографический список

- Парамонова В. А., Кудрявцев В. Н., Мухин А. А. К вопросу визуализации СВЧ-волн в микроволновой камере // материалы II Междунар. науч.-практ. конф. "Явления переноса в процессах и аппаратах химических и пищевых производств". 16–17 ноября 2016 г. (г. Воронеж, Воронеж. гос. ун-т инж. технол.). Воронеж : ВГУИТ. 2016. С. 178–182.
- Райхель Н. З., Алексеева Н. В., Джайшибеков Г. З., Кайпова Ж. Н. Способы производства цукатов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 2 (2). С. 168–171. URL: <http://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=11238>.
- Ciurzyńska A., Lenart A., Gręda K. J. Effect of pre-treatment conditions on structure and mechanical properties of freeze-dried pumpkin. *Italian Journal of Food Science*. 2013. Vol. 25, Iss. 4. P. 403–411.
- Hashim N., Daniel O., Rahaman E. A preliminary study: Kinetic model of drying process of pumpkins (*Cucurbita moschata*) in a convective hot air dryer. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2014. Vol. 2. P. 345–352. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.048>.
- Henriques F., Raquel P. F. Guiné, Barroca M. J. Influence of drying treatment on physical properties of pumpkin. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*. 2012. 7 (Special Issue). P. 53–58.
- Shirmohammadi M., Yarlagadda P. Experimental study on mechanical properties of pumpkin tissue. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. 2012. Vol. 54, N 1. P. 16–24.

### References

- Paramonova, V. A., Kudryavtsev, V. N., Muhin, A. A. 2016. On the issue of visualization of microwave waves in a microwave chamber. *Proceedings of II Intern. conf. Transport phenomena in processes and apparatuses of chemical and food industries*, 16–17 November 2016. Voronezh, VGUIT, pp. 178–182. (In Russ.)
- Rayhel, N. Z., Alekseeva, N. V., Dzhayshibekov, G. Z., Kaypova, Zh. N. 2017. Candied fruit production methods. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2(2), pp. 168–171. URL: <http://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=11238>. (In Russ.)
- Ciurzyńska, A., Lenart, A., Gręda, K. J. 2013. Effect of pre-treatment conditions on structure and mechanical properties of freeze-dried pumpkin. *Italian Journal of Food Science*, 25(4), pp. 403–411.
- Hashim, N., Daniel, O., Rahaman, E. 2014. A preliminary study: Kinetic model of drying process of pumpkins (*Cucurbita moschata*) in a convective hot air dryer. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, pp. 345–352. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.048>.
- Henriques, F., Raquel, P. F. Guiné, Barroca, M. J. Influence of drying treatment on physical properties of pumpkin. 2012. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*, 7 (Special Issue), pp. 53–58.
- Shirmohammadi, M., Yarlagadda, P. 2012. Experimental study on mechanical properties of pumpkin tissue. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 54(1), pp. 16–24.

### Сведения об авторах

**Парамонова Виктория Андреевна** – пр-т Театральный, 28, г. Донецк, 283000; Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. И. Туган-Барановского, Институт пищевых производств, канд. техн. наук, доцент; e-mail: [vparamonova@mail.ru](mailto:vparamonova@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7815-5112>

**Viktoriya A. Paramonova** – 28 Teatralny Ave., Donetsk, 283000; Tugan-Baranovsky Donetsk National University of Economics and Trade, Institute of Food Production, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor; e-mail: [vparamonova@mail.ru](mailto:vparamonova@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7815-5112>

**Кудрявцев Владимир Николаевич** – ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, Россия, 195251; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт металлургии, машиностроения и транспорта, канд. техн. наук, доцент; e-mail: [kudryavtsevvn@mail.ru](mailto:kudryavtsevvn@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4382-2680>

**Vladimir N. Kudryvtsev** – 29 Politehnicnicheskaya Str., St. Petersburg, Russia, 195251; Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Institute of Metallurgy, Mechanical Engineering and Transport, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor; e-mail: [kudryavtsevvn@mail.ru](mailto:kudryavtsevvn@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4382-2680>