

## Исследования закономерностей ингибирования нативной микрофлоры сырья (сухофрукты) под воздействием ультрафиолетового излучения с различной интенсивностью обработки

Анастасия Ю. Колоколова<sup>1</sup> aykolokolova@ya.ru  0000-0002-9816-1720  
 Наталья В. Илюхина<sup>1</sup> inv63@mail.ru  0000-0003-1190-952X  
 Марина А. Масленникова<sup>2</sup> m528770o@mail.ru

1 Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Школьная 78, г. Видное, Московская обл., 142703, Россия

2 Московский Государственный университет пищевых производств Волоколамское ш., 11, г. Москва, 125080, Россия

**Аннотация.** Использование физических методов обработки в частности ультрафиолетового излучения используется в пищевой промышленности с целью обеззараживания сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, в следствие чего увеличивается сроки его хранения. Процесс обработки пищевой продукции ультрафиолетом быстро зарекомендовал себя. Этот способ не изменяет вкусовые качества продукта, увеличивает срок хранения и реализации, а также является нетепловым методом деактивации болезнетворных микроорганизмов. Широкое использование бактерицидного эффекта ультрафиолетовых лучей для пищевых продуктов лимитируется их малой проникающей способностью, поэтому УФ-спектр может быть использован в основном для стерилизации поверхностей, при условии, что глубинные слои материала не содержат микрофлоры. Эффективность ультрафиолетового излучения зависит от следующих факторов: источник и ультрафиолетовая доза; чувствительность микроорганизмов к ультрафиолету; состав и физические свойства продукта. Объект исследования: модельные среды содержание нативную микрофлору сырья сухофруктов "Курага". Исследования проводили с применением модельных сред, имитирующих свойства поверхности сырья, исключаящие его защитные механизмы и позволяющие выявить истинную динамику ингибирования нативной микрофлоры. Нативная микрофлора сухофруктов подразумевает набор микроорганизмов. Литературные источники показали возможность присутствия на поверхности сырья таких видов микроорганизмов как *E.coli*, *Salmonella*, *Candida*, *Pseudomonas*, споровые формы микроорганизмов. В процессе эксперимента определено, что обработка, длительностью в 5 минут уменьшила начальную обсемененность на 2 порядка, обработка в 10 минут – на 2,6 порядка, в 15 минут – на 2,7 порядка, а в 20 минут – на 3 порядка.

**Ключевые слова:** ультрафиолетовое излучение, физические методы, безопасность, пищевые продукты, срок годности

## The possibility of increasing the shelf life of dried apricot with application of uv radiation

Anastasia Yu. Kolokolova<sup>1</sup> aykolokolova@ya.ru  0000-0002-9816-1720  
 Natalia V. Piiukhina<sup>1</sup> inv63@mail.ru  0000-0003-1190-952X  
 Marina A. Maslennikova<sup>2</sup> m528770o@mail.ru

1 All-Russian research Institute of canning technology, 78 Shkolnaya str., Vidnoye, Moscow region, 142703, Russia

2 Moscow State University of food production 11, Volokolamsk sh., Moscow, 125080, Russia

**Abstract.** The use of physical methods of processing, in particular ultraviolet radiation, is used in the food industry for the purpose of disinfection of raw materials, semi-finished products and finished products, which increases the storage time. The process of processing food products with ultraviolet light quickly proved itself. This method does not change the taste of the product, increases the shelf life and sales, and is a non-thermal method of deactivating pathogens. The wide use of the bactericidal effect of UV rays for food products is limited by their low penetration capacity, so the UV spectrum can be used mainly for sur-face sterilization, provided that the deep layers of the material do not contain microflora. The effectiveness of UV radiation depends on the following factors: the source and the UV dose; the sensitivity of microorganisms to UV light; the composition and physical properties of the product. Object of research: model media containing native microflora of dried fruit raw materials "dried Apri-cots". The research was carried out using model media simulating the proper-ties of the raw material surface, excluding its protective mechanisms and allow-ing to reveal the true dynamics of inhibition of native microflora. Native micro-flora of dried fruits implies a set of microorganisms. Literature sources have shown the possibility of the presence of such types of microorganisms as *E. coli*, *Salmonella*, *Candida*, *Pseudomonas*, spore forms of microorganisms on the surface of raw materials. During the experiment it was determined that the treatment duration of 5 min reduced the initial contamination of 2 order pro-cessing in 10 minutes – 2.6 the order in 15 minutes – 2.7 order and 20 minutes for 3 orders of magnitude.

**Keywords:** ultraviolet radiation, physical methods, safety, food, shelf life

Для цитирования

Колоколова А.Ю., Илюхина Н.В., Масленникова М.А. Исследования закономерностей ингибирования нативной микрофлоры сырья (сухофрукты) под воздействием ультрафиолетового излучения с различной интенсивностью обработки // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 4. С. 122–125. doi:10.20914/2310-1202-2020-4-122-125

For citation

Kolokolova A.Yu., Ilyukhina N.V., Maslennikova M.A. The possibility of increasing the shelf life of dried apricot with application of uv radiation. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 4. pp. 122–125. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-4-122-125

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

## Введение

Потенциал коммерциализации нетермических ультрафиолетовых (УФ) технологий в качестве новых методов обработки пищевых продуктов привлек внимание пищевой промышленности, стремящейся освоить новые и эффективные подходы в области обеззараживания и удовлетворить потребности потребителей в свежих продуктах. Анализ литературы показал, что в настоящее время проведено большое количество исследований по использованию ультрафиолетового излучения в индустрии продуктов питания [1].

Промышленность свежих продуктов также выиграет от ультрафиолетовой обработки и может быть успешно использована в промышленном масштабе. Установки для ультрафиолетового обеззараживания не требуют крупных капитальных вложений и имеют низкие эксплуатационные расходы в процессе работы: небольшие затраты на электроэнергию и периодическая замена ламп при необходимости. Снижение качества продуктов питания от жизнедеятельности патогенных видов микроорганизмов и порчи может быть сведено к минимуму с помощью данных методов обработки свежих продуктов питания [2].

Однако широкое использование бактерицидного эффекта ультрафиолетовых лучей для пищевых продуктов лимитируется их малой проникающей способностью, не превышающей долей миллиметра. Поэтому УФ-спектр может быть использован в основном для стерилизации поверхностей, при условии, что глубинные слои материала не содержат микрофлоры. В связи с этим продукты, обладающие гладкой поверхностью, лучше сохраняются с помощью УФ излучения. Вязкость и плотность определяют эффективность модели переноса и течения жидкости в системе, в то время как оптические свойства влияют на пропускание ультрафиолетового излучения. Состав обрабатываемого объекта также важен для эффективности ультрафиолетового излучения [3].

Эффективность ультрафиолетового излучения зависит от нескольких факторов, связанных с оборудованием, источниками, условиями эксплуатации и измерения, целевыми микроорганизмами и материалом или пищевыми продуктами, подлежащими воздействию в пищевой промышленности, которые представлены следующим образом:

1. Источник ультрафиолетового света и ультрафиолетовая доза.
2. Чувствительность микроорганизмов к ультрафиолету.
3. Состав продукта.
4. Физические свойства продукта (мутность, непрозрачность, цвет и др.).

5. Поверхностные свойства продукта (шероховатость, грязь и др.).

Чувствительность к ультрафиолетовому излучению целевого микроорганизма является важным параметром для выбора дозы ультрафиолетового излучения. Микроорганизмы имеют различную структуру в силу своих многочисленных характеристик. Необходимая энергия может варьироваться для определенного вида микроорганизмов в зависимости от штамма, питательной среды и стадии культуры. Поэтому для инактивации различных микроорганизмов необходимы разные дозы.

Как правило, в ходе обработки инаktivация микроорганизмов может быть достигнута в течение нескольких секунд или минут в зависимости от непрозрачности пищевых продуктов и типа микроорганизма. В целом было установлено, что использование ультрафиолетового излучения для обработки продуктов питания не вызывает никаких побочных эффектов, особенно если оно применяется в умеренных количествах. Однако для успешного осуществления этого процесса в отношении некоторых пищевых продуктов может потребоваться модификация и оптимизация. Также особенностью обработки является то, что ультрафиолетовое излучение проникает в пищевые материалы только до нескольких миллиметров в зависимости от оптических свойств продукта. Оно может легко проникать в воду, так как она прозрачна для производимых длин волн, но оно не способно проникать через молоко и другие мутные продукты, поэтому непрозрачные продукты должны быть представлены системе в виде тонкого слоя. Цветные компоненты, растворимые соединения и взвешенные твердые частицы могут поглощать, отражать и рассеивать случайный свет, уменьшая количество фотонов, доступных для уничтожения микроорганизмов, поэтому цвет или мутность жидкости влияет на коэффициент оптического поглощения. Проникающая способность ультрафиолетового излучения уменьшается по мере увеличения коэффициента. Поэтому очень важно понимать, что увеличение глубины проникновения будет полезно для обработки пищевых продуктов с более высокими коэффициентами поглощения [4–6].

Чувствительность микроорганизмов к действию УФ излучения уменьшается с увеличением размеров клеток. Отсюда стойкость плесеней к действию УФ значительно больше, чем у бактерий. Не все клетки даже одной и той же культуры одинаково стойки к УФ воздействию. Таким образом ультрафиолетовое излучение одних и тех же длин волн и одинаковой интенсивности обладает селективным бактерицидным действием, т.е. доза, которая убивает один тип бактерий,

может оказывать только угнетающее действие на других. Это прежде всего связано с уникальностью структуры ДНК каждого живого организма [7]. Эффект обеззараживания от ультрафиолетового излучения обусловлен происходящими под его воздействием фотохимическими реакциями в структуре молекул дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) и рибонуклеиновой кислоты (РНК), составляющими универсальную информационную основу для размножения живых организмов. Результатом этих фотохимических реакций являются необратимые повреждения ДНК и РНК. Кроме того, действие ультрафиолетового излучения вызывает нарушения в структуре мембран и клеточных стенок микроорганизмов. Все это в конечном итоге приводит к их гибели [8–9].

Однако в процессе обработки стоит помнить о том, что при применении ультрафиолетового облучения в высоких дозах происходят явные изменения химического состава пищевых компонентов и ухудшение качества продукции. Поэтому необходимо правильно оптимизировать процесс обработки, для сохранения качества пищевых продуктов и обеспечить их безопасность [10–15].

### Материалы и методы

*Объект исследования:* модельные среды содержание нативную микрофлору сырья сухофруктов «Курага»

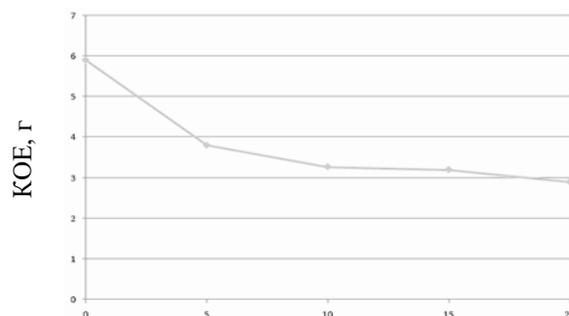
Нативная микрофлора сухофруктов подразумевает набор микроорганизмов, находящихся на их поверхности сырья таких видов микроорганизмов как *E. coli*, *Salmonella*, *Candida*.

Нативную микрофлору сырья получали путем смыва с поверхности сухофруктов. Смывы культивировали при оптимальных условиях (30°C в течение 72 часов) с применением мясо-пептонного бульона. Полученную суспензию наносили на модельную среду

представляющая собой мясо-пептонный агар. Образцы обрабатывали с применением ультрафиолетовой лампы (Лампа бактерицидная Philips TUV 30W T8 G13). Режимы обработки составляли 5–10–15–20 минут.

### Результаты и обсуждение

Исследования динамик ингибирования нативной микрофлоры представлены на рисунке 1.



Период обработки, мин | Duration, min

Рисунок 1. Влияние микроорганизмов на дозы ультрафиолетового излучения

Figure 1. Effect of microorganisms on UVB

Исследования показали, что обработка экспериментальных образцов в течение 5 минут позволяет снизить начальную обсемененность образцов на 2 порядка, обработка в 10 минут – на 2,6 порядка, в 15 минут – на 2,7 порядка, а в 20 минут – на 3 порядка.

### Заключение

В процессе эксперимента установлены закономерности ингибирования нативной микрофлоры на поверхности модельных сред зависимости от накопленной дозы УФ-излучения; определено, что наиболее оптимальным режимом является обработка УФ в течение 10 минут, более длительное время не дает большего эффекта, эффективность переходит в зону Плато.

### Литература

- 1 Gayán E., Condón S., Álvarez I. Biological Aspects in Food Preservation by Ultraviolet Light: a Review // Food and Bioprocess Technology. 2013. V. 7(1). P. 1–10.
- 2 Bintsis T., Litopoulou-Tzanetaki E., Robinson R.K. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – a critical review // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2000. V. 80(6). P. 637–645.
- 3 Ультрафиолетовые технологии. 2015. URL: <https://www.uv-tech.ru/stat-vse/uv-stat/printsip-deystviya-ustanovok/>
- 4 ISO 21348-2012. Process for determining solar irradiances compliance.
- 5 ГОСТ 28369-89. Контроль неразрушающий. Облучатели ультрафиолетовые. Общие технические требования и методы испытаний.
- 6 Борисов В.Н., Почукаева О.В. Метод оценивания процесса импортозамещения на российском рынке инвестиционного оборудования и его статистическое обеспечение // Вестник НГУЭУ. 2019. № 3. С. 94–108.
- 7 Марьин В.А., Харитонов Д.В. Исследование схем последовательности фаз роста периодической культуры бифидобактерий и лактобактерий // Техника и технология пищевых производств. 2010. № 4 (19). С. 24–28.
- 8 Band la S., Choudhary R., Watson D.W., Haddock J. UV-C treatment of soymilk in coiled tube UV reactors for inactivation of *Escherichia coli* W1485 and *Bacillus cereus* endospores // LWT-Food Science and Technology. 2012. V. 46(1). P. 71–76.
- 9 Choudhary R., Bandla S. Ultraviolet Pasteurization for Food Industry // International Journal of Food Science and Nutrition Engineering. 2012. V. 2(1). P. 12–14.
- 10 Евдокимов А.П., Подковыров И.Ю., Кузнецова Т.А. Дозы ультрафиолетового излучения для бактерицидной обработки зерна // Известия НВ АУК Волгоград. 2018. №1 (49). С. 286–289.

- 11 Bourdoux S., Li D., Rajkovic A., Devlieghere F. et al. Performance of drying technologies to ensure microbial safety of dried fruits and vegetables // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2016. V. 15. № 6. P. 1056-1066.
- 12 Oszmiański J., Lachowicz S. Effect of the production of dried fruits and juice from chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) on the content and antioxidative activity of bioactive compounds // *Molecules*. 2016. V. 21. № 8. P. 1098.
- 13 Alasalvar C., Salvadó J. S., Ros E. Bioactives and health benefits of nuts and dried fruits // *Food Chemistry*. 2020. V. 314. P. 126192.
- 14 Fan X. et al. Regulation of apricot ripening and softening process during shelf life by post-storage treatments of exogenous ethylene and 1-methylcyclopropene // *Scientia Horticulturae*. 2018. V. 232. P. 63-70.
- 15 Matafonova G., Batoev V. Recent advances in application of UV light-emitting diodes for degrading organic pollutants in water through advanced oxidation processes: A review // *Water research*. 2018. V. 132. P. 177-189.

### References

- 1 Gayán E., Condón S., Álvarez I. Biological Aspects in Food Preservation by Ultraviolet Light: a Review. *Food and Bioprocess Technology*. 2013. vol. 7(1). pp. 1–10.
- 2 Bintsis T., Litopoulou-Tzanetaki E., Robinson R.K. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – a critical review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2000. vol. 80(6). pp. 637–645.
- 3 Ultraviolet technology. 2015. Available at: <https://www.uv-tech.ru/stat-vse/uv-stat/printsip-deystviya-ustanovok/> (in Russian).
- 4 ISO 21348-2012. Process for determining solar irradiances compliance.
- 5 GOST 28369-89. Non-destructive testing. Ultraviolet irradiators. General technical requirements and test methods. (in Russian).
- 6 Borisov V.N., Pochukaeva O.V. Method for assessing the process of import substitution in the Russian market of investment equipment and its statistical support. *Vestnik NSUEM*. 2019. no. 3. pp. 94-108. (in Russian).
- 7 Maryin V.A., Kharitonov D.V. Investigation of the schemes of the growth phases of the periodic culture of bifidobacteria and lactobacilli. *Technics and technology of food production*. 2010. no. 4 (19). pp. 24-28. (in Russian).
- 8 Band la S., Choudhary R., Watson D.W., Haddock J. UV-C treatment of soymilk in coiled tube UV reactors for inactivation of *Escherichia coli* W1485 and *Bacillus cereus* endospores. *LWT-Food Science and Technology*. 2012. vol. 46(1). pp. 71-76.
- 9 Choudhary R., Bandla S. Ultraviolet Pasteurization for Food Industry. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*. 2012. vol. 2(1). pp. 12-14.
- 10 Evdokimov A.P., Podkovyrov I.Yu., Kuznetsova T.A. Doses of ultraviolet radiation for bactericidal treatment of grain. *Izvestiya NV AUK Volgograd*. 2018. no. 1 (49). pp. 286-289. (in Russian).
- 11 Bourdoux S., Li D., Rajkovic A., Devlieghere F. et al. Performance of drying technologies to ensure microbial safety of dried fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2016. vol. 15. no. 6. pp. 1056-1066.
- 12 Oszmiański J., Lachowicz S. Effect of the production of dried fruits and juice from chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) on the content and antioxidative activity of bioactive compounds. *Molecules*. 2016. vol. 21. no. 8. pp. 1098.
- 13 Alasalvar C., Salvadó J. S., Ros E. Bioactives and health benefits of nuts and dried fruits. *Food Chemistry*. 2020. vol. 314. pp. 126192.
- 14 Fan X. et al. Regulation of apricot ripening and softening process during shelf life by post-storage treatments of exogenous ethylene and 1-methylcyclopropene. *Scientia Horticulturae*. 2018. vol. 232. pp. 63-70.
- 15 Matafonova G., Batoev V. Recent advances in application of UV light-emitting diodes for degrading organic pollutants in water through advanced oxidation processes: A review. *Water research*. 2018. vol. 132. pp. 177-189.

### Сведения об авторах

**Анастасия Ю. Колоколова** к.т.н., ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, ул. Школьная 78, г. Видное, Московская обл., 142703, Россия, aykolokolova@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9816-1720>

**Наталья В. Илюхина** д.х.н., профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, ул. Школьная 78, г. Видное, Московская обл., 142703, Россия, inv63@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1190-952X>

**Марина А. Масленикова** студент, кафедра пищевой безопасности, Московский Государственный университет пищевых производств, Волоколамское ш., 11, г. Москва, 125080, Россия, m528770@mail.ru

### Вклад авторов

**Анастасия Ю. Колоколова** написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

**Наталья В. Илюхина** консультация в ходе исследования

**Марина А. Масленикова** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Information about authors

**Anastasia Yu. Kolokolova** Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, All-Russian research Institute of canning technology, 78 Shkolnaya str., Vidnoye, Moscow region, 142703, Russia, aykolokolova@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9816-1720>

**Natalia V. Iliukhina** Dr. Sci. (Engin.), professor, All-Russian research Institute of canning technology, 78 Shkolnaya str., Vidnoye, Moscow region, 142703, Russia, inv63@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1190-952X>

**Marina A. Maslennikova** student, food safety department, Moscow State University of food production, 11 Volokolamsk sh., Moscow, 125080, Russia, m528770@mail.ru

### Contribution

**Anastasia Yu. Kolokolova** wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

**Natalia V. Iliukhina** consultation during the study

**Marina A. Maslennikova** review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 10/11/2020	После редакции 26/11/2020	Принята в печать 02/12/2020
Received 10/11/2020	Accepted in revised 26/11/2020	Accepted 02/12/2020