



Изучение закономерностей ингибирования нативной микрофлоры сырья под воздействием ультрафиолетового излучения с различной интенсивностью обработки



Анастасия Ю. Колоколова¹ aykolokolova@ya.ru  0000-0002-9816-1720
Наталья В. Илюхина¹ inv63@mail.ru  0000-0003-1190-952X

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

Аннотация. Ультрафиолетовое излучение давно зарекомендовало себя, в качестве технологического процесса позволяющего, снизить значительное количество или полностью ингибировать нежелательные микроорганизмы, однако, данная технология в основном используется для обеззараживания воздуха и поверхностей на промышленных предприятиях. Применение обработки пищевой продукции ультрафиолетом малоразвито, это обусловлено рядом ограничений, одним из которых является небольшая глубина проникновения ультрафиолетового излучения. Данное обстоятельство вводит ряд ограничений и требует дополнительных исследований для активного внедрения УФ излучения в пищевой промышленности. Цель работы: изучить динамику ингибирования нативной микрофлоры сырья при обработке ультрафиолетовым излучением различными дозами; установить степень развития остаточной микрофлоры в процессе хранения обработанных УФ пищевых продуктов. Объекты исследования: модельные среды, содержащие нативную микрофлору сырья и свежие грибы шампиньоны. Предложен усовершенствованный режим УФ обработки, позволяющий снизить травмирование поверхности свежих грибов и обеспечить их микробиологическую стабильность шампиньонов при хранении. Полученные результаты позволили установить закономерности ингибирования нативной микрофлоры на поверхности модельных сред и свежих грибов шампиньонов в зависимости от расстояния до УФ источника облучения, времени облучения и накопленной дозы. Отмечено, что динамика ингибирования нативной микрофлоры на поверхности модельных сред имеет не линейный характер, отмечены зоны «Плато». При разработке технологии обработки свежих грибов шампиньонов рекомендуется использовать источник УФ с накопленной дозой облучения 500 Дж/м².

Ключевые слова: ультрафиолетовое излучение, микробиологическая обсемененность, пищевая продукция, ультрафиолет, хранение

The study of patterns of inhibition native microflora of raw materials under the influence of ultraviolet radiation with different processing intensity

Anastasia Yu. Kolokolova¹ aykolokolova@ya.ru  0000-0002-9816-1720
Natalia V. Iliukhina¹ inv63@mail.ru  0000-0003-1190-952X

¹ All-Russian Research Institute of Canning Technology, 78 Shkolnaya str., Vidnoye, Moscow region, 142703, Russia

Abstract. Ultraviolet radiation has long proven itself as a technological process that allows you to reduce a significant amount or completely inhibit unwanted microorganisms, however, this technology is mainly used for disinfection of air and surfaces in industrial enterprises. The use of food processing with ultraviolet light is poorly developed, this is due to a number of limitations, one of which is the small depth of penetration of ultraviolet radiation. This circumstance introduces a number of restrictions and requires additional research for the active introduction of UV radiation in the food industry. The aim of the work: to study the dynamics of inhibition of native microflora of raw materials during UV treatment with various doses; to determine the degree of development of residual microflora during storage of UV-treated food products. Objects of research: model media containing native microflora of raw materials and fresh mushrooms. An improved UV treatment mode is proposed to reduce the surface injury of fresh mushrooms and ensure their microbiological stability of champignons during storage. The obtained results allowed us to establish the regularities of inhibition of native microflora on the surface of model media and fresh mushrooms depending on the distance to the UV radiation source, the time of irradiation, and the accumulated dose. It is noted that the dynamics of inhibition of native microflora on the surface of model media is not linear, and "Plateau" zones are marked. When developing a technology for processing fresh mushrooms, it is recommended to use a UV source with an accumulated radiation dose of 500 Dg/m².

Keywords: ultraviolet radiation, microbiological contamination, food products, ultraviolet light, storage

Введение

Увеличение сроков годности свежей грибной продукции является актуальной задачей пищевой промышленности. Процессы хранения пищевой продукции включают в себя микробиологическую стабильность и безопасность пищевой продукции [1]. Свежие грибы шампиньоны относятся к нежным продуктам, которые

в процессе переработки легко теряют свой товарный вид и качество [2]. Для увеличения срока годности и обеспечения безопасности свежих грибов требуются технологии, позволяющие минимизировать поверхностную деформацию сырья, обеспечивая при этом эффективное снижение микробиологической обсемененности продукта.

Для цитирования

Колоколова А.Ю., Илюхина Н.В. Изучение закономерностей ингибирования нативной микрофлоры сырья под воздействием ультрафиолетового излучения с различной интенсивностью обработки // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 4. С. 84–87. doi:10.20914/2310-1202-2020-4-84-87

For citation

Kolokolova A.Yu., Iliukhina N.V. The study of patterns of inhibition native microflora of raw materials under the influence of ultraviolet radiation with different processing intensity. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 4. pp. 84–87. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-4-84-87

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

Ультрафиолетовое излучение достаточно давно зарекомендовало себя, в качестве технологического процесса позволяющего резко снизить или полностью ингибировать нежелательные микроорганизмы, однако, данная технология в основном направлена на обеззараживание воздуха и поверхностей на промышленных предприятиях [3]. Обработка пищевой продукции ультрафиолетовым излучением недостаточно изучена, это обусловлено рядом ограничений, одним из которых является небольшая глубина проникновения ультрафиолетового излучения. Данное обстоятельство вводит ряд ограничений и требует дополнительных доработок для активного внедрения ультрафиолетовой обработки продуктов в пищевой промышленности. Так в ряде работ [4–6] посвященных обработке ультрафиолетовым излучением жидких продуктов, предлагается обрадовать жидкость тонким слоем, что позволяет полностью обработать весь объем продукции. Возможность поверхностной обработки пищевой продукции имеет перспективу для ряда продукции, которая является целостной, так как большинство продукции, в основном обсеменена микроорганизмами на поверхности. Работы по обработке пищевой продукции ведутся в разных направлениях, однако поверхностная обработка свежих грибов, являющихся ценным источником белков, не изучена в полной мере.

Цель работы: изучить динамику ингибирования нативной микрофлоры свежего сырья при обработке ультрафиолетовым излучением различными дозами и установить степень развития остаточной микрофлоры в процессе хранения обработанных УФ свежих грибов шампиньонов.

Материалы и методы

Объект исследования: модельные среды, содержащие нативную бактериальную микрофлору сырья и свежие грибы шампиньоны.

Исследования проводили с применением свежего сырья и модельных сред, эмитирующих свойства поверхности сырья, исключающие его защитные механизмы и позволяющие выявить истинную динамику ингибирования нативной бактериальной микрофлоры. Нативная микрофлора грибов подразумевает несколько микроорганизмов. Литературные источники показали возможность присутствия на поверхности сырья таких видов микроорганизмов как *E. coli*, *Salmonella*, *Candida*, *Pseudomonas*, споровые формы бактерий [7].

Нативную микрофлору сырья получали путем смыва пептонным буфером микроорганизмов с поверхности свежих грибов шампиньонов. Смывы добавляли в питательную среду и культивировали при оптимальных условиях (30°C в течение 72 часов) с применением грибного бульона с добавлением 1 %

пептона, глюкозы и NaCl. Полученную суспензию микроорганизмов с концентрацией микроорганизмов 10^8 наносили на модельную среду, представляющую собой агаризованную среду, состоящую из грибного бульона с добавлением агара и эмитирующую поверхность свежих грибов. Обработку полученных образцов модельных сред проводили с использованием ультрафиолетового облучателя с бактерицидной лампой (*Philips TUV 30W T8 G13*).

Режимы обработки проводили при учете двух параметров: расстояние до объекта и накопленной дозы излучения. Режимы обработки представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Режимы обработки объектов исследования

Table 1.

Modes of processing research objects

Расстояние до объекта, см Distance to the object, cm	Доза излучения Дж/м ² Radiation dose J/m ²	
	Модельные среды Model environments	Свежие грибы шампиньоны Fresh mushrooms champignons
20, 25, 30	0–200–250–500–1000	0–150–200–450

Дозу облучения определяли с применением прибора УФ радиометра ТКА-ПКМ (12) по ГОСТ 28369–89 [8].

В процессе разработки эффективной технологии обработки свежих грибов УФ излучением, потребовалось усовершенствовать режим и метод обработки. В связи с тем, что обработка ультрафиолетом имеет поверхностный характер, была применена технология двухсторонней обработки свежих грибов шампиньонов. Эффективность облучения определяли путем определения количества остаточной микрофлоры в образцах, подвергшиеся воздействию излучению с различной интенсивностью. Микробиологический анализ остаточной микрофлоры образцов проводили согласно действующей нормативной документации по определению количества мезофильно-аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов по ГОСТ 10444.15–95 [9]. Обработку результатов, полученных на плотных питательных средах, проводили по ГОСТ ISO 7218–2011 [10].

При этом рассчитывали число микроорганизмов, присутствующих в пробе, как средневзвешенное значение из двух подсчетов последовательных разведений по следующей формуле:

$$N = \frac{\sum C}{1.1V \times d},$$

где: N – число микроорганизмов, КОЕ/г, $\sum C$ – сумма колоний, подсчитанных на двух чашках, выбранных для подсчета из двух последовательных разведений, V – объем посевного материала, внесенного в каждую чашку, см³, d – коэффициент разведения, соответствующий первому выбранному разведению (если без разведения d=1).

Результаты и обсуждение

Результаты позволили понять закономерности ингибирования нативной бактериальной микрофлоры на поверхности модельных сред от расстояния УФ облучателя до объекта исследования и накопленной дозы. Результаты исследования представлены на рисунке 1.

Исследования показали, что при увеличении расстояния до модельного объекта, эффективность ингибирования нативной бактериальной микрофлоры снижается на два порядка. Так же отмечено, что при обработке наиболее эффективными

являются дозы от 500 Дж/м². Динамика ингибирования нативной микрофлоры на модельных средах имеет две зоны «Плато». Данное явление так же отмечается при обработке чистых культур на поверхности модельных сред, релятивистскими электронами и гамма излучением [11–15]. Полученные результаты использованы в разработке технологии двухсторонней обработки УФ свежих грибов шампиньонов при расстоянии в 25 см до УФ источника, с закладкой их на хранение при температуре 6–8°C в течение 25 суток.

Таблица 2.

Результаты ингибирования нативной микрофлоры на поверхности модельных сред под воздействием ультрафиолетового излучения при сочетании различного расстояния до объекта и накопленной дозы облучения

Table 2.

Results of inhibition of native microflora on the surface of model media under the influence of ultraviolet radiation with a combination of different distances to the object and the knee radiation dose

20 см (cm)				25 см (cm)				30 см (cm)			
Доза Dose Дж/м ² Dg/m ²	N Log (KOE/r), Log (CFU/g)			Доза Dose Дж/м ² Dg/m ²	N Log (KOE/r), Log (CFU/g)			Доза Dose Дж/м ² Dg/m ²	N Log (KOE/r), Log (CFU/g)		
	N	+δ	-δ		N	+δ	-δ		N	+δ	-δ
0	7,183	0,076	0,092	0	7,183	0,076	0,092	0	7,183	0,076	0,092
100,81	7,268	0,069	0,082	101,04	6,542	0,051	0,058	101,48	6,88	0,103	0,136
151,22	7,653	0,130	0,187	152,5	6,283	0,068	0,080	150,75	7,125	0,121	0,169
200,69	7,563	0,142	0,214	199,94	6,412	0,059	0,068	207,31	7,203	0,183	0,323
250,94	6,694	0,043	0,048	248,23	6,210	0,073	0,088	251,03	7,175	0,171	0,287
501,88	6,331	0,064	0,076	496,35	6,161	0,07	0,094	501,94	7,269	0,189	0,343
1003,89	6,197	0,074	0,090	992,71	6,127	0,080	0,098	1003,72	6,975	0,032	0,034
1505,62	6,03	0,088	0,111	1488,96	6,20	0,073	0,088	1505,6	6,978	0,031	0,034
2007,66	0	0	0	1985,28	0	0	0	2007,45	0	0	0

Заключение

Усовершенствован метод обработки свежих грибов шампиньонов позволяющий, снизить травмирование поверхности грибов, сократить время обработки и обеспечить их микробиологическую стабильность.

Результаты позволили получить закономерности ингибирования нативной микрофлоры на поверхности модельных сред и свежих грибов шампиньонов в зависимости от расстояния

от объекта до УФ облучателя и накопленной дозы. Отмечено, что динамика ингибирования нативной бактериальной микрофлоры на поверхности модельных сред имеет не линейный характер, отмечены зоны Плато. При разработке технологии обработки свежих грибов шампиньонов рекомендуется использовать УФ облучатели при расстоянии в 25 см до источника от поверхности продукта и с накопленной дозой 500 Дж/м².

Литература

- 1 Fasolato L., Cardazzo B., Carraro L., Fontana F. et al. Edible processed insects from e-commerce: Food safety with a focus on the *Bacillus cereus* group // *Food microbiology*. 2018. V. 76. P. 296–303.
- 2 Тимофеев В.Н., Васильева И.Г. Повышение эффективности хранения овощей на объектах общественного питания // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2010. № 2. С. 162–166.
- 3 Choudhary R., Bandla S. Ultraviolet pasteurization for food industry // *International Journal of food Science and Nutrient Engineering*. 2012. V. 2. № 1. P. 12–15. doi: 10/5923/j.food.20120201.03
- 4 Харитонов В.Д., Шерстнева Н.Е. Влияние ультрафиолетового излучения на основные компоненты и микробиологические показатели жидких пищевых продуктов // *Труды БГУ*. 2014. Т. 9.
- 5 Morales-de la Peña M., Welti-Chanes J., Martín-Belloso O. Novel technologies to improve food safety and quality. *Current Opinion in Food Science*. 2019. V. 30. P. 1–7.
- 6 Симоненко С.В. Воздействие ультрафиолетового излучения на биологические структуры козьего молока // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2010. № 4. С. 16.
- 7 Глуценко К.П. Оценка общественной эффективности инвестиционных проектов // *Вестник НГУЭУ*. 2019. № 3. С. 10–27.
- 8 ГОСТ 28369–89. Контроль неразрушающий. Облучатели ультрафиолетовые. Общие технические требования и методы испытаний.
- 9 ГОСТ 10444.15–95. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.
- 10 ГОСТ ISO 7218–2011. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям.

11 Семенова Ж.А., Илюхина Н.В., Колоколова А.Ю., Левшенко М.Т. и др. Исследование динамики ингибирования нативной микрофлоры овощной и грибной продукции под действием обработки релятивистскими электронами // ВГУИТ. 2019. № 3 (81). С. 132–135.

12 Курбанова М.Н., Левшенко М.Т., Семенова Ж.А., Илюхина Н.В. Влияние γ - и уф- излучений на микробиальную обсемененность черной смородины и вишни // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2018. № 5–6 (365–366). С. 64–67.

13 Ceylan Z. et al. A novel approach to extend microbiological stability of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets coated with electrospun chitosan nanofibers // LWT-Food Science and Technology. 2017. V. 79. P. 367-375.

14 John D., Ramaswamy H. S. Pulsed light technology to enhance food safety and quality: a mini-review // Current Opinion in Food Science. 2018. V. 23. P. 70-79.

15 Allison A., Fouladhah A. Adoptable interventions, human health, and food safety considerations for reducing sodium content of processed food products // Foods. 2018. V. 7. № 2. P. 16.

References

1 Fasolato L., Cardazzo B., Carraro L., Fontana F. et al. Edible processed insects from e-commerce: Food safety with a focus on the *Bacillus cereus* group. Food microbiology. 2018. vol. 76. pp. 296-303.

2 Timofeev V.N., Vasilieva I.G. Improving the efficiency of storing vegetables at public catering facilities. Scientific and technical bulletin of the Volga region. 2010. no. 2. pp. 162–166. (in Russian).

3 Choudhary R, Bandla S Ultraviolet pasteurization for food industry. International Journal of food Science and Nutrient Engineering. 2012. vol. 2. no. 1. pp. 12–15. doi: 10/5923/j.food.20120201.03

4 Kharitonov V.D., Sherstneva N.E. Influence of ultraviolet radiation on the main components and microbiological indicators of liquid food products. Proceedings of BSU. 2014. vol. 9. (in Russian).

5 Morales-de la Peña M., Welti-Chanes J., Martin-Belloso O. Novel technologies to improve food safety and quality. Current Opinion in Food Science. 2019. vol. 30. pp. 1-7.

6 Simonenko S.V. The impact of ultraviolet radiation on the biological structures of goat milk. Storage and processing of agricultural raw materials. 2010. no. 4. pp. 16. (in Russian).

7 Glushchenko K.P. Assessment of public efficiency of investment projects. Vestnik NSUEM. 2019. no. 3. pp. 10-27. (in Russian).

8 GOST 28369–89. Non-destructive testing. Ultraviolet irradiators. General technical requirements and test methods. (in Russian).

9 GOST 10444.15–95. Food products. Methods for determining the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms. (in Russian).

10 GOST ISO 7218–2011. Microbiology of food and animal feed. General requirements and recommendations for microbiological research. (in Russian).

11 Semenova Zh.A., Ilyukhina N.V., Kolokolova A.Yu., Levshenko M.T. et al. Study of the dynamics of inhibition of the native microflora of vegetable and mushroom products under the influence of treatment with relativistic electrons. Proceedings of VSUET. 2019. no. 3 (81). pp. 132-135. (in Russian).

12 Kurbanova M.N., Levshenko M.T., Semenova Zh.A., Ilyukhina N.V. Influence of γ - and UV-radiation on microbial contamination of black currants and cherries. News of higher educational institutions. Food technology. 2018. no. 5-6 (365-366). pp. 64–67. (in Russian).

13 Ceylan Z. et al. A novel approach to extend microbiological stability of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets coated with electrospun chitosan nanofibers. LWT-Food Science and Technology. 2017. vol. 79. pp. 367-375.

14 John D., Ramaswamy H. S. Pulsed light technology to enhance food safety and quality: a mini-review. Current Opinion in Food Science. 2018. vol. 23. pp. 70-79.

15 Allison A., Fouladhah A. Adoptable interventions, human health, and food safety considerations for reducing sodium content of processed food products. Foods. 2018. vol. 7. no. 2. pp. 16.

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 к.х.н., ведущий научный сотрудник, 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>

Information about authors

Anastasia Yu. Kolokolova Cand. Sci. (Engin.), leading researcher., All-Russian Research Institute of Canning Technology, Vidnoye, Moscow region, 142703, Russia, aykolokolova@ya.ru

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

Natalia V. Ilyukhina Cand. Sci. (Chem.), leading researcher., All-Russian Research Institute of Canning Technology, Vidnoye, Moscow region, 142703, Russia, inv63@mail.ru

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

Вклад авторов

Анастасия Ю. Колоколова провела эксперимент, выполнила расчёты, написала рукопись

Наталья В. Илюхина обзор литературных источников по исследуемой проблеме, несёт ответственность за плагиат

Contribution

Anastasia Yu. Kolokolova conducted an experiment, performed computations, wrote the manuscript

Natalia V. Ilyukhina review of the literature on an investigated problem, is responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 04/11/2020	После редакции 16/11/2020	Принята в печать 24/11/2020
Received 04/11/2020	Accepted in revised 16/11/2020	Accepted 24/11/2020