

Влияние интенсивности ультрафиолетового излучения на ингибирование нативной микрофлоры плодовых тел шампиньонов

Анастасия Ю. Колоколова	¹	aykolokolova@ya.ru	 0000-0002-9816-1720
Наталья В. Илюхина	¹	inv63@mail.ru	 0000-0003-1190-952X
Михаил Т. Левченко	¹	lev-mika@ya.ru	 0000-0002-9815-0626
Тамара А. Позднякова	¹	lev-mika@ya.ru	 0000-0002-9815-0626
Марина В. Тришканева	¹	labnta@vniitek.ru	 0000-0002-4444-0716

¹ ВНИИТеК – филиал «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Школьная ул., 78, Видное, Московская обл., 142703, Россия

Аннотация. Ультрафиолетовое излучение (УФ-излучение) достаточно давно рассматривается как физический метод обработки различных поверхностей, позволяющий заметно снизить концентрацию нежелательных микроорганизмов или полностью ингибировать их размножение. Наиболее широкое распространение УФ-излучение получило при обеззараживании поверхностей в медицинских и промышленных организациях. Обработка пищевой продукции ультрафиолетовым излучением с целью достижения стерилизующего эффекта имеет ряд ограничений. С одной стороны – это низкая глубина проникновения ультрафиолетового излучения при его невысокой интенсивности, с другой стороны – существенное отепление обрабатываемых продуктов при высокой интенсивности УФ-излучения, что может привести к ухудшению органолептических свойств обрабатываемых продуктов. Для эффективного применения УФ-излучения при обработке пищевых продуктов важно установить зависимость изменения динамики гибели микроорганизмов, способных вызывать порчу пищевых продуктов, от интенсивности и времени обработки УФ-излучением поверхности пищевых продуктов при условии сохранения их органолептических свойств. К наиболее чувствительным к обработке УФ-излучением видам пищевых продуктов относятся растительное сырье, в частности грибы. Целью настоящей работы стало изучение динамики ингибирования нативной микрофлоры плодовых тел шампиньонов при обработке их ультрафиолетовым излучением различными дозами и изменения степени развития остаточной микрофлоры в процессе хранения обработанных УФ-излучением свежих шампиньонов. Объекты исследования: модельные среды, содержащие нативную микрофлору свежих шампиньонов вида *Agaricus bisporus*, и непосредственно свежие шампиньоны вида *Agaricus bisporus*. В ходе работы установлен оптимальный режим обработки (интенсивность излучения и время обработки) свежих шампиньонов вида *Agaricus bisporus* УФ-излучением, при котором достигается микробиологическая стабильность свежих шампиньонов при минимальном травмировании поверхности грибов и сохранении их органолептических свойств в процессе хранения. Установлена закономерность ингибирования нативной микрофлоры на поверхности модельных сред и поверхности свежих шампиньонов в источнике УФ-излучения (УФ-С лампы) и накопленной дозы. Отмечено, что динамика ингибирования нативной микрофлоры на поверхности модельных сред имеет нелинейный характер и включает зоны плато. Обработка свежих шампиньонов дозами УФ-излучения на уровне 320 и 480 Дж/м² позволила увеличить сроки годности грибов по сравнению с контрольными образцами на 8 суток. При разработке технологии обработки свежих грибов шампиньонов рекомендуется использовать расстояние 25 см с накопленной дозой 480 Дж/м².

Ключевые слова: ультрафиолетовое излучение, стерилизующий эффект, грибы, свежие шампиньоны, плодовые тела, нативная микрофлора, микробиологическая обсемененность

Effect of ultra violet radiation intensity on inhibition of native microflora of fruit bodies of champignons

Anastasia Yu. Kolokolova	¹	aykolokolova@ya.ru	 0000-0002-9816-1720
Natalia V. Iliukhina	¹	inv63@mail.ru	 0000-0003-1190-952X
Mikhail T. Levchenko	¹	lev-mika@ya.ru	 0000-0002-9815-0626
Tamara A. Pozdnyakova	¹	lev-mika@ya.ru	 0000-0002-9815-0626
Marina V. Trishkaneva	¹	labnta@vniitek.ru	 0000-0002-4444-0716

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Canning Technology, Shkolnaya st., 78, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia

Abstract. Ultraviolet radiation (UV radiation) has long been considered as a physical method of treating various surfaces, permitting to reduce the concentration of undesirable microorganisms significantly or completely inhibit their reproduction. UV radiation is most widely used for surface disinfection in medical and industrial organizations. Processing food products with UV radiation in order to achieve a sterilizing effect has a number of limitations. On the one hand, this is a low depth of penetration of ultraviolet radiation at its low intensity, on the other hand, a significant warming of processed products at high intensity of UV radiation, which can lead to the organoleptic properties degradation of processed products. For effective use of UV radiation in food processing, it is important to establish the dependence of changes in the dynamics of the death of microorganisms that can cause food spoilage on the intensity and time of UV radiation treatment of the surface of food products, provided that their organoleptic properties are preserved. The most sensitive types of food to UV-radiation treatment include vegetable raw materials, in particular mushrooms. The purpose of this work is to study the dynamics of inhibition of native microflora of fruit bodies of mushrooms when they are treated with UV radiation at different doses and changes in the degree of development of residual microflora during storage of fresh mushrooms treated with UV radiation. Objects of research: model environments containing the native microflora of fresh *Agaricus bisporus* mushrooms, and directly fresh mushrooms. In the course of work, the optimal treatment mode (radiation intensity and processing time) of fresh mushrooms with UV radiation is established, which ensures the microbiological stability of fresh *Agaricus bisporus* mushrooms with minimal damage to the surface of the mushrooms and preserving their organoleptic properties during storage. The regularity of inhibition of native microflora on the surface of model media and the surface of fresh mushrooms is established depending on the distance to the source of UV radiation (UV-C lamp) and the accumulated dose. It is noted that the dynamics of inhibition of native microflora on the surface of model media is nonlinear and includes plateau zones. Treatment of fresh mushrooms with UV radiation doses at the level of 320 and 480 J/m² allowed to increase the shelf life of mushrooms in comparison with control samples by 8 days. When developing the technology for processing fresh mushrooms, it is recommended to use a distance of 25 cm with an accumulated dose of 480 J/m².

Keywords: ultraviolet radiation, sterilizing effect, mushrooms, fresh mushrooms, fruit bodies, native microflora, microbiological contamination

Для цитирования

Колоколова А.Ю., Илюхина Н.В., Левченко М.Т., Позднякова Т.А., Тришканева М.В. Влияние интенсивности ультрафиолетового излучения на ингибирование нативной микрофлоры плодовых тел шампиньонов // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 4. С. 137–141. doi:10.20914/2310-1202-2020-4-137-141

For citation

Kolokolova A.Yu., Iliukhina N.V., Levchenko M.T., Pozdnyakova T.A., Trishkaneva M.V. Effect of ultra violet radiation intensity on inhibition of native microflora of fruit bodies of champignons. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 4. pp. 137–141. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-4-137-141

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

Введение

Увеличение сроков годности свежей грибной продукции является актуальной задачей пищевой промышленности. Эффективность процессов хранения пищевой продукции характеризуется сохранением микробиологической стабильности, что обеспечивает безопасность пищевой продукции. Свежие шампиньоны относятся к нежным, чувствительным к условиям хранения видам растительного сырья. При нестабильности условий хранения и в процессе переработки шампиньоны легко теряют свой товарный вид. Для сохранения качества и органолептических свойств свежих шампиньонов и увеличения сроков годности требуется разработка технологии обработки и хранения, позволяющая минимизировать поверхностную деформацию плодовых тел шампиньонов и обеспечивающая эффективное снижение микробиологической активности на поверхности плодовых тел.

Ультрафиолетовое излучение достаточно давно зарекомендовало себя, в качестве технологического процесса, позволяющего резко снизить или полностью ингибировать активность нежелательных микроорганизмов, однако, данная технология в основном направлена на обеззараживание поверхностей медицинских и промышленных изделий. Обработка пищевой продукции ультрафиолетовым излучением имеет ряд ограничений, одним из которых является ограниченная глубина проникновения ультрафиолетового излучения. В этой связи обработка УФ-излучением с целью снижения микробиологической обсемененности будет наиболее эффективной для пищевых продуктов, поверхность которых является целостной. Априори, внутри (например, под кожурой) продукт остается стерильным и угрозу возникновения порчи такого продукта могут создавать микроорганизмы, входящие в состав нативной микрофлоры на поверхности продукта [1–3]. Работы по обработке УФ-излучением растительного сырья ведутся в разных направлениях [4–7], в том числе известны работы по поверхностной обработке свежих грибов, являющихся ценным источником белков [8]. Однако подбор оптимального режима обработки свежих шампиньонов вида *Agaricus bisporus* УФ-излучением, при котором достигается микробиологическая стабильность свежих шампиньонов при минимальном травмировании поверхности грибов и сохранении их органолептических свойств в процессе хранения является актуальной задачей, решение которой было предложено в результате проведенных авторами исследований.

Цель работы – изучить динамику ингибирования нативной микрофлоры плодовых тел шампиньонов при обработке их ультрафиолетовым излучением различными дозами и изменения степени развития остаточной микрофлоры в процессе хранения обработанных УФ-излучением свежих шампиньонов.

Материалы и методы

Объекты исследования: модельные среды, содержащие нативную микрофлору промышленно культивируемого шампиньона двуспорового вида *Agaricus bisporus*, и непо средственно свежие шампиньоны вида *Agaricus bisporus*.

Исследования проводили с применением свежих шампиньонов и модельных сред, имитирующих свойства поверхности шампиньонов, исключаяющие его защитные механизмы и позволяющие выявить истинную динамику ингибирования нативной микрофлоры. Нативная микрофлора грибов представляет собой смесь микроорганизмов. Литературные данные показали возможность присутствия на поверхности шампиньонов таких видов микроорганизмов, как *E. coli* *Salmonella*, *Candida*, *Pseudomonas*, спорные формы микроорганизмов [9, 10].

Нативную микрофлору свежих шампиньонов получали путем смыва с поверхности грибов. Смывы культивировали при оптимальных условиях (30 °C в течение 72-х часов) с применением грибного бульона, добавлением пептона, глюкозы и хлористого натрия (NaCl). Полученную суспензию наносили на модельную среду, представляющую собой улучшенный грибной бульон с добавлением агар – агара (для получения структуры грибной поверхности). Полученные образцы обрабатывали УФ-излучением в УФ-С (UVC) диапазоне при длине волны 254 нм. Источник излучения – ультрафиолетовая бактерицидная лампа марки *Philips TUV 30W T8 G13*.

Режимы обработки проводили при учете двух параметров: расстояние до объекта и накопленная доза УФ-излучения. Режимы обработки представлены в таблице 1.

Плотность потока мощности ультрафиолетового излучения в диапазоне С (дозу УФ-излучения) измеряли комбинированным УФ-радиомером «ТКА – ПКМ».

В процессе разработки эффективной технологии обработки свежих грибов, 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 обработки проводили по методике, изложенной в работе [11].

Таблица 1.
Режимы обработки объектов исследования

Table 1. Modes of processing research objects			
Расстояние до объекта Object distance	Накопленная доза излучения Дж/см ² Accumulated radiation dose J/cm ²	Время обработки, сек Processing time, sec	
		Модельные среды Model environments	Свежие грибы шампиньоны Champignons
		Model environments	Champignons
20	0	0	0
	160		51,61
	200	64,52	
	250	80,65	
	300	96,77	
	320		103,23
	400	129,03	
	480		154,84
	500	161,29	
	1000	322,58	
	1500	483,87	
25	0		
	160		59,26
	200	74,07	
	250	92,59	
	300	111,11	
	320		118,52
	400	148,15	
	480		177,78
	500	185,19	
	1000	370,37	
	1500	555,56	
30	0	0	0
	160		69,57
	200	86,96	
	250	108,70	
	300	111,11	
	320		139,13
	400	148,15	
	480		208,7
	500	217,39	
	1000	434,78	
	1500	652,17	

Результаты и обсуждение

Получены данные по эффективности ингибирования нативной микрофлоры в зависимости

от расстояния ультрафиолетовой лампы до объекта, при одинаковых значениях накопленной дозы УФ-излучения. Результаты позволили понять закономерности ингибирования нативной микрофлоры на поверхности модельных сред в зависимости от расстояния УФ лампы до объекта исследования и накопленной дозы (таблица 2).

Таблица 2.
Результаты исследования динамик ингибирования нативной микрофлоры на поверхности модельных сред

Table 2.
Results of the study of the dynamics of inhibition of native microflora on the surface of model media

Доза УФ-излучения, Дж/см ² Dose of UV radiation, J/cm ²	Расстояние от УФ-лампы до объекта, см Distance from UV lamp to object, cm		
	20	25	30
0	7,18(±0,51)	7,18(±0,65)	7,18(±0,02)
200	7,65(±0,21)	6,28(±0,5)	7,72(±0,5)
250	7,56(±0,15)	6,41(±0,13)	7,30(±0,5)
300	6,69(±0,46)	6,21(±0,5)	7,37(±0,1)
400	6,33(±0,13)	6,16(±0,4)	7,26(±0,61)
500	6,19(±0,4)	6,12(±0,5)	6,97(±0,5)
1000	6,03(±0,5)	6,20(±0,5)	6,97(±0,3)
1500	0	0	0

Исследования показали, что при увеличении расстояния до модельного объекта при одной и той же дозе УФ-излучения, эффективность ингибирования нативной микрофлоры снижается. Также отмечено, что при воздействии УФ-излучением наиболее эффективными для ингибирования микроорганизмов являются режимы с дозами, позволяющими снизить концентрацию микроорганизмов в среднем на 10¹ от начальной концентрации. Полученные результаты использованы в разработке технологии с двухсторонней обработкой свежих грибов шампиньонов при расстоянии в 25 см, с закладкой их на хранение. Результаты исследования представлены на рисунке 1.

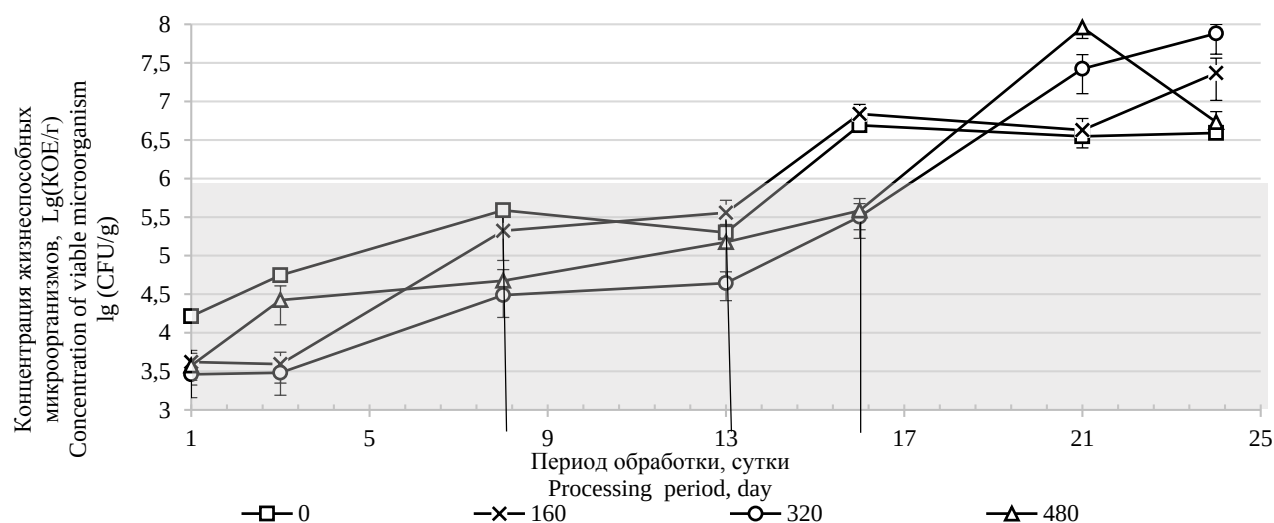


Рисунок 1. Динамика нарастания оставшейся нативной микрофлоры сырья в процессе его хранения

Figure 1. Dynamics of growth of the remaining native microflora of raw materials during its storage

Заключение

Согласно требованиям нормативных документов показатель общей микробиологической обсемененности (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов – КМАФАнМ) не должен превышать 5×10^5 жизнеспособных микроорганизмов на 1 г продукции, что в переводе в логарифмическую шкалу равно значению 5.69 Lg(КОЕ/г). Исходя из этого, можно определить эффективность обработки ультрафиолетовым излучением и определить сроки годности обработанной продукции.

Исследования показали, что обработки дозой 320–480 Дж/см² позволяет сохранить свежие шампиньоны вида *Agaricus bisporus* до 16 суток с сохранением их органолептических свойств, в то время как контрольные образцы не соответствовали требованиям на 8 сутки. Таким образом, обработка шампиньонов УФ-излучением с дозой 320 и 480 Дж/м² позволили увеличить сроки годности продукции по сравнению с контрольными образцами на 8 суток.

1. Установлены закономерности ингибирования нативной микрофлоры на поверхности модельных сред и плодовых тел свежих шампиньонов вида *Agaricus bisporus* в зависимости от расстояния до УФ-лампы и накопленной дозы УФ-излучения.

2. Выявлено, что динамика ингибирования нативной микрофлоры на поверхности модельных сред имеет нелинейный характер, отмечены зоны плато.

3. Обработка свежих грибов шампиньонов дозами 320 и 480 Дж/м² позволяют увеличить сроки годности продукции по сравнению с контрольными образцами на 8 суток.

4. При разработке технологии обработки свежих шампиньонов для промышленного применения рекомендуется использовать расстояние 25 см с накопленной дозой УФ-излучения 480 Дж/м² [12].

Литература

- 1 Джей Д.М., Лесснер М.Д., Гольден Д.А. Современная пищевая микробиология. М.: Бином, Лаборатория знаний, 2011. 886 с.
- 2 Gardner D.W.M., Shama G. Modeling UV-induced inactivation of microorganisms on surfaces // *Journal of Food Protect.* 2000. V. 63(1). P. 63–70. doi: 10.4315/0362-028x-63.1.63
- 3 Yaun B.R., Summer S.S., Eifert J.D. et al. Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy // *Intern J Food Microbiol.* 2004. V. 90. № 1. P. 1–8. doi: 10.1016/s0168-1605(03)00158-2
- 4 Shama G. Process challenges in applying low doses of ultraviolet light to fresh produce for eliciting beneficial hormetic responses // *Postharvest Biol Technol.* 2007. V. 44. № 1. P. 1–8. doi: 10.1016/j.postharvbio.2006.11.004
- 5 Wall M.M. Phytosanitary irradiation and fresh fruit quality: cultivar and maturity effects // *Stewart Postharvest Review.* 2015. V. 11. № 3. P. 1–6.
- 6 Pataro G., Sinik M., Capitoli M.M. et al. The influence of post-harvest UV-C and pulsed light treatments on quality and antioxidant properties of tomato fruits during storage // *Innov Food Sci Emerg.* 2015. V. 30. P. 103–111. doi: 10.1016/j.ifset.2015.06.003
- 7 Choudhary R., Bhandla 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
- 8 Zhang K., Pu Y.Y., Sun D.W. Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (*Agaricus bisporus*): a review // *Trends Food Sci Tech.* 2018. V. 78. P. 72–82. doi: 10.1016/j.tifs.2018.05.012
- 9 Guan W., Fan X., Yan R. Effects of UV-C treatment on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, microbial loads, and quality of button mushrooms // *Postharvest Biol Tech.* 2012. V. 64. № 1. P. 119–125. doi: 10.1016/j.postharvbio.2011.05.017
- 10 Колоколова А.Ю., Илюхина Н.В., Тришканева М.В., Королев А.А. Влияние комбинирования микроволнового и ультрафиолетового методов обработки растительного сырья на ингибирование культуры *Salmonella* // *Вестник ВГУИТ.* 2020. № 1. С. 76–81
- 11 Семенова Ж.А., Илюхина Н.В., Колоколова А.Ю. и др. Исследование динамики ингибирования нативной микрофлоры овощной и грибной продукции под действием обработки релятивистскими электронами // *Вестник ВГУИТ.* 2019. № 3. С. 132–136
- 12 Кондратенко В.В., Федянина Н.И., Карастоянова О.В. Изменение текстуры свежих грибов в процессе холодильного хранения после обработки ультрафиолетовым // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология.* 2020. №5-6 (377). С. 89-93. doi: 10.26297/0579-3009.2020.5-6.21

References

- 1 James M.J., Lessner M.D., Golden D.A. Modern food Microbiology. Moscow, Binom, Laboratory of knowledge, 2011. 886 p. (in Russian).
- 2 Gardner D.W.M., Shama G. Modeling UV-induced inactivation of microorganisms on surfaces. *Journal of Food Protect.* 2000. vol. 63(1). pp. 63–70. doi: 10.4315/0362-028x 63.1.63
- 3 Yaun B.R., Summer S.S., Eifert J.D. et al. Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. *Intern J Food Microbiol.* 2004. vol. 90. no. 1. pp. 1–8. doi: 10.1016/s0168-1605(03)00158-2
- 4 Shama G. Process challenges in applying low doses of ultraviolet light to fresh produce for eliciting beneficial hormetic responses. *Postharvest Biol Technol.* 2007. vol. 44. no. 1. pp. 1–8. doi: 10.1016/j.postharvbio.2006.11.004
- 5 Wall M.M. Phytosanitary irradiation and fresh fruit quality: cultivar and maturity effects. *Stewart Postharvest Review.* 2015. vol. 11. no. 3. pp. 1–6.
- 6 Pataro G., Sinik M., Capitoli M.M. et al. The influence of post-harvest UV-C and pulsed light treatments on quality and antioxidant properties of tomato fruits during storage. *Innov Food Sci Emerg.* 2015. vol. 30. pp. 103–111. doi: 10.1016/j.ifset.2015.06.003

- 7 Choudhary R., Bandla S. Ultraviolet pasteurization for food industry. International Journal of food Science and Nutrient Engineering. 2012. vol. 2(1). pp. 12–15. doi: 10/5923 j.food.20120201.03
- 8 Zhang K., Pu Y.Y., Sun D.W. Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (*Agaricus bisporus*): a review. Trends Food Sci Tech. 2018. vol. 78. pp. 72–82. doi: 10.1016/j.tifs.2018.05.012
- 9 Guan W., Fan X., Yan R. Effects of UV-C treatment on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, microbial loads, and quality of button mushrooms. Postharvest Biol Tech. 2012. vol. 64. no. 1. pp. 119–125. doi: 10.1016/j.postharvbio.2011.05.017
- 10 Kolokolova A.Yu., Ilyukhina N.V., Trishkanova M.V., Korolev A.A. Influence of combining microwave and ultraviolet methods of processing plant raw materials on the inhibition of *Salmonella* culture. Proceedings of VSUET. 2020. no. 1. pp. 76-81. (in Russian).
- 11 Semenova Zh.A., Ilyukhina N.V., Kolokolova A.Yu. et al. Study of the dynamics of inhibition of native microflora of vegetable and mushroom products under the action of relativistic electron treatment. Proceedings of VSUET. 2019. no. 3. pp. 132-136. (in Russian).
- 12 Kondratenko V.V., Fedyanina N.I., Karastoyanova O.V. Changes in the texture of fresh mushrooms in the process of refrigerated storage after treatment with ultraviolet light. News of higher educational institutions. Food technology. 2020. no. 5-6 (377). pp. 89-93. doi: 10.26297/0579-3009.2020.5-6.21

Сведения об авторах

Анастасия Ю. Колоколова к.т.н., ведущий научный сотрудник, ВНИИТеК – филиал «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Школьная ул., 78, Видное, Московская обл., 142703, Россия, aykolokolova@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9816-1720>

Наталья В. Илюхина к.х.н., ведущий научный сотрудник, ВНИИТеК – филиал «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Школьная ул., 78, Видное, Московская обл., 142703, Россия, inv63@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1190-952X>

Михаил Т. Левченко старший научный сотрудник, ВНИИТеК – филиал «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Школьная ул., 78, Видное, Московская обл., 142703, Россия, lev-mika@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9815-0626>

Тамара А. Позднякова научный сотрудник, ВНИИТеК – филиал «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Школьная ул., 78, Видное, Московская обл., 142703, Россия, lev-mika@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9815-0626>

Марина В. Тришканова к.х.н., ведущий научный сотрудник, ВНИИТеК – филиал «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Школьная ул., 78, Видное, Московская обл., 142703, Россия, labnta@vniitek.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4444-0716>

Вклад авторов

Анастасия Ю. Колоколова написала рукопись выполнила расчёты

Наталья В. Илюхина обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент

Михаил Т. Левченко консультация в ходе исследования

Тамара А. Позднякова провела эксперимент, консультация в ходе исследования

Марина В. Тришканова предложила методику проведения эксперимента и организовала производственные испытания

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Anastasia Yu. Kolokolova Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Canning Technology, Shkolnaya st., 78, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia, aykolokolova@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9816-1720>

Natalia V. Ilyukhina Dr. Sci. (Chem.), leading researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Canning Technology, Shkolnaya st., 78, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia, inv63@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1190-952X>

Mikhail T. Levchenko senior researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Canning Technology, Shkolnaya st., 78, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia, lev-mika@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9815-0626>

Tamara A. Pozdnyakova researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Canning Technology, Shkolnaya st., 78, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia, lev-mika@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9815-0626>

Marina V. Trishkanova Cand. Sci. (Chem.), leading researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Canning Technology, Shkolnaya st., 78, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia, labnta@vniitek.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4444-0716>

Contribution

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

Natalia V. Ilyukhina review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Mikhail T. Levchenko consultation during the study

Tamara A. Pozdnyakova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Marina V. Trishkanova proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 04/11/2019	После редакции 19/11/2019	Принята в печать 28/11/2019
Received 04/11/2019	Accepted in revised 19/11/2019	Accepted 28/11/2019