Исследование динамики ингибирования нативной микрофлоры овощной и грибной продукции под действием обработки релятивистскими электронами

Жанна А. Семенова	¹	zhanna.kalinina2011@ya.ru	
Наталья В. Илюхина	¹	inv63@mail.ru	
Анастасия Ю. Колоколова	¹	aykolokolova@ya.ru	0000-0002-427-9587
Михаил Т. Левшенко	¹	lev-mika@ya.ru	0000-0002-7667-797X
Мадинат Н. Курбанова	¹	sk5969@ya.ru	

¹ ВНИИ ТК – филиал ФГБНУ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная 78, г Видное, Россия

Аннотация. Процесс переработки и реализации свежей овощной и грибной продукции сопровождается высоким риском быстрой бактериологической порчи и, как следствие, небольшими сроками хранения. Поиск методов обработки легкоповреждаемых сортов растительного сырья является актуальной проблемой пищевой промышленности. Проведены исследования по изучению воздействия релятивистских электронов на установку мощностью 10 МэВ (компания «Теклеор») на динамику ингибирования нативной микрофлоры в процессе хранения нежных видов растительного сырья. В качестве объектов исследования были выбраны свежие грибы шампиньоны и свежая зелень шпината. Образцы продуктов фасовали массой 200 г в полимерные пакеты марки РА/РЕ. Хранение и транспортировку образцов осуществляли при температуре 8–10 °С. После обработки экспериментальных данных выявлена зона плато при обработке энергией пучка 1 кГр с дальнейшим снижением количества микроорганизмов при повышении дозы до 2 кГр. Исследования изменения динамики ингибирования начального количества микроорганизмов в грибной и зеленой продукции показали, что в составе микрофлоры грибной и зеленой продукции, присутствуют устойчивые виды микроорганизмов, для которых характерно присутствие зоны плато. Обработка шпината энергией пучка 1 и 2 кГр позволяет продлить сроки годности по сравнению с контрольными образцами с 5 до 12 и 15 сут. Обработка грибов шампиньонов энергией пучка энергией 2 кГр, несмотря на высокий начальный уровень обсемененности нативной микрофлорой, позволила сохранить верхний предел нормы ($1 \cdot 10^5$ КОЕ/г) микробиологической обсемененности до 5 сут.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, облучение, релятивистские электроны, свежие грибы, зелень, процесс хранения, микробиологические исследования, КМАФАнМ, нативная микрофлора, динамика ингибирования

Study of the dynamics of inhibition of native microflora of vegetable and mushroom products under the action of processing by relativistic electrons

Zhanna A. Semenova	¹	zhanna.kalinina2011@ya.ru	
Natalya V. Ilyuhina	¹	inv63@mail.ru	
Anastasiya Yu. Kolokolova	¹	aykolokolova@ya.ru	0000-0002-427-9587
Michail T. Levshenko	¹	lev-mika@ya.ru	0000-0002-7667-797X
Madinat N. Kurbanova	¹	sk5969@ya.ru	

¹ All-Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of the Federal Research Center of Food Systems named after V.M. Gorbakov RAS

Abstract. The process of processing and selling fresh vegetable and mushroom products is accompanied by a high risk of rapid bacteriological damage and, as a consequence, short shelf life. The search for methods of processing lightly damaged varieties of plant materials is an urgent problem of the food industry. Studies have been carried out to study the effect of relativistic electrons on a 10 MeV facility (Tekleor company) on the dynamics of inhibition of native microflora during storage of delicate types of plant materials. Fresh mushroom champignons and fresh spinach greens were chosen as objects of study. Product samples were Packed weighing 200 g in plastic bags brand RA / PE. Storage and transportation of samples was carried out at a temperature of 8–10 °C. After processing the experimental data, a plateau zone was revealed during processing with a beam energy of 1 kGy with a further decrease in the number of microorganisms with an increase in dose to 2 kGy. Studies of changes in the dynamics of inhibition of the initial number of microorganisms in mushroom and green products showed that in the microflora of mushroom and green products, there are stable types of microorganisms that are characterized by the presence of a plateau zone. Processing spinach with a beam energy of 1 and 2 kGy allows extending the shelf life compared to control samples from 5 to 12 and 15 days. The treatment of champignon mushrooms with a beam energy of 2 kGy, despite the high initial level of seed contamination with native microflora, allowed us to maintain the upper limit of the norm ($1 \cdot 10^5$ CFU / g) of microbiological seed for up to 5 days.

Keywords: food safety, irradiation, relativistic electrons, fresh mushrooms, greens, storage process, microbiological studies, KMAFAnM, native microflora, inhibition dynamics

Для цитирования

Семенова Ж.А., Илюхина Н.В., Колоколова А.Ю., Левшенко М.Т., Курбанова М.Н. Исследование динамики ингибирования нативной микрофлоры овощной и грибной продукции под действием обработки релятивистскими электронами // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 132–136. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-132-136

For citation

Semenova Z.A., Ilyuhina N.V., Kolokolova A.Yu., Levshenko M.T., Kurbanova M.N. Study of the dynamics of inhibition of native microflora of vegetable and mushroom products under the action of processing by relativistic electrons. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 132–136. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-132-136

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

Введение

Обеспечение продовольственной безопасности пищевой продукции является важнейшей задачей перерабатывающей промышленности. Технология переработки растительного сырья включает на начальных стадиях ряд механических воздействий, таких как мойка, обработка дезинфицирующими веществами, затем сырье используют для дальнейшей переработки или упаковывают и реализуют в качестве свежей продукции. Переработка любого вида сырья в процессе приготовления снижает питательную ценность, витамины, макро- и микроэлементы, в связи с этим свежая продукция более предпочтительна с точки зрения обеспечения полноценного питания населения страны.

Помимо всего в ассортименте растительной продукции имеются легкоповреждаемые виды сырья, которые по своей специфике не подвергаются никаким технологическим манипуляциям, кроме как упаковка, к ним относятся ягоды, грибы, зелень. Однако при реализации такой продукции сохраняется риск быстрой порчи и, как следствие, небольшие сроки хранения. Поиск методов обработки легкоповреждаемых сортов растительного сырья является актуальной проблемой [1–3, 9].

Обработка различных объектов с применением релятивистских электронов помогает эффективно бороться с бактериальным заражением. [4–5, 10]. Преимущество данного метода заключается в отсутствии повышенного температурного воздействия в процессе обработки; снижение концентраций антимикробных химических препаратов; возможность обработки упакованной продукции, исключающей повторную контаминацию; снижение механических воздействий на готовую продукцию [6].

Исследования по обработке пищевой продукции релятивистскими электронами достаточно давно ведутся в различных областях пищевой промышленности [7]. Центральной проблемой использования такой обработки является отсутствие полноценной базы знаний механизмов воздействия на растительную и микробиальную клетку. Отмечено, что максимальная доза обработки для легкоповреждаемых сортов растительной продукции является 3 кГр, однако уровень мощности установки не указывается [6]. Исследования [8] показывают, что эффективность по ингибированию микроорганизмов различается в зависимости от установки и энергии пучка.

Проведены исследования по изучению воздействия релятивистских электронов на установку мощностью 10 МэВ (компания «Теклеор») на динамику ингибирования нативной микрофлоры в процессе хранения легкоповреждаемых видов сырья.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования были выбраны грибы шампиньоны и свежая зелень шпината. Образцы продукта фасовали массой 200 г в полимерные пакеты марки РА/РЕ. Хранение и транспортировку образцов осуществляли при температуре 8–10 °С.

Обработку исследуемых образцов проводили на установке мощностью 10 МэВ, используя релятивистские электроны, при дозах 1 и 2 кГр.

Эффективность облучения находили путем определения количества остаточной микрофлоры в образцах, подвергшихся воздействию излучения 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 «Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов». Обработку результатов, полученных на плотных питательных средах, проводили по ГОСТ ISO 7218–2011 «Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям».

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

$$N = \frac{\sum C}{V \cdot 1,1 \cdot d},$$

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

Предварительные результаты исследований облученных продуктов [10–12] показали изменения в физико-химических и органолептических характеристиках сырья в процессе обработки образцов мощностью более 2 кГр. В связи с этим для исследования были выбраны дозы 1 и 2 кГр. Обработанные образцы были проанализированы на общее количество жизнеспособных микроорганизмов в контрольных и обработанных образцах. В результате микробиологических анализов получены динамики отклика изменения начального количества микроорганизмов в зависимости от энергии пучка (рисунок 1).

Рисунок 1. Динамика ингибирования жизнеспособных микроорганизмов при обработке ускоренными электронами шпината (a) и грибов (b)

Figure 1. The dynamics of inhibition of viable microorganisms during processing by accelerated electrons of spinach (a) and fungi (b)

Исследования показали различия по угнетению начальной обсемененности в овощной и грибной продукции при одинаковых энергиях пучка. После обработки экспериментальных данных в образцах шпината выявлена зона плато при обработке энергией пучка 1 kGr с дальнейшим снижением количества микроорганизмов при повышении дозы. Исследования изменения динамики ингибирования начального количества микроорганизмов в грибной и зеленой продукции имеют прямую взаимосвязь с исследованиями, проведенными на модельных

средах [8, 9, 13]. Полученные результаты показали, что в составе микрофлоры грибной и зеленой продукции есть устойчивые виды микроорганизмов, для которых характерно присутствие зоны плато. В связи с этим динамика ингибирования нативной микрофлоры имеет нелинейный характер [13, 14].

Получены динамики развития остаточной нативной микрофлоры в процессе хранения обработанных и контрольных образцов грибов и шпината (рисунок 2).

Рисунок 2. Количество жизнеспособных микроорганизмов в процессе хранения образцов шпината (a) и грибов (b), обработанных электронами

Figure 2. The number of viable microorganisms during storage of samples of spinach (a) and fungi (b), processed by electrons

Определены динамики развития контрольных и обработанных образцов в процессе хранения. Исследования нативной микрофлоры контрольных образцов грибов показали превышение допустимого предела, (допустимая концентрация микроорганизмов по показателю КМАФАнМ составляет $1 \cdot 10^5$) [15].

Обработка шпината дозой 1 и 2 kGr позволяет продлить сроки годности по сравнению с контрольными образцами с 5 до 12 и 15 сут.

Обработка грибов шампиньонов дозой 2 kGr , несмотря на высокий начальный уровень обсемененности нативной микрофлорой, позволила сохранить верхний предел нормы КМАФАнМ $1 \cdot 10^5$ КОЕ/г микробиологической обсемененности до 5 сут.

Заключение

Использование релятивистских электронов с целью обработки легкоповреждаемых видов овощной и грибной продукции является перспективным направлением, обеспечивающим безопасность упакованной продукции, дающим возможность снижения механического воздей-

ствия на сырье в процессе переработки и упаковки. Данный метод может использоваться не только для обработки упакованной свежей продукции, но и для подготовки сырья перед переработкой. Его использование позволит снизить риск обсемененности полуфабрикатов в процессе переработки и обеспечить высокий уровень качества готовой продукции.

Литература

- 1 Тимофеев В.Н., Васильева И.Г. Повышение эффективности хранения овощей на объектах общественного питания // Научно-технический вестник Поволжья. 2010. № 2. С. 162–166.
- 2 Першакова Т.В., Купин Г.А., Алешин В.Н., Горлов С.М. и др. Современные методы предотвращения микробиологической порчи и увеличения сроков хранения продукции растениеводства // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 9. С. 115–121.
- 3 Кунавин Г.А., Кузнецов Н.Н. Урожайность шпината в зависимости от технологии возделывания // Овощеводство и садоводство, Аграрный вестник Урала. 2013. № 4 (110). С. 53–55.
- 4 Будник С.В., Трофимов В.И., Шишкина Н.С., Белецкий С.Л. Перспективы технологий обработки ускоренными электронами растительного сырья // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. 2014. № 2. С. 70–79.
- 5 Козьмин Г.В., Санжарова Н.И., Кибина И.И., Павлов А.Н. и др. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности // Журнал: достижения науки и техники. 2015. Т. 29. № 5. С. 87–92.
- 6 Тимакова Р.Т., Тихонов С.Л., Тихонова Н.В., Байхожаева Б.У. Применение радиационных технологий при обработке пищевой продукции // Инновации в пищевой биотехнологии: сборник трудов Международного симпозиума. 2018. С. 249–252.
- 7 Farkas J., Mohachi-Farkas C. History and future of food irradiation // Sci. and Tech. 2011. V. 22. № 11. P. 121–126.
- 8 Илюхина Н.В., Колоколова А.Ю., Прокопенко А.В., Филипович В.П. Исследование эффективности облучения биологических объектов с применением пучка ускоренных электронов // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: Международной научно-практической конференции. 2018. С. 76–80.
- 9 Дулов М.И., Александрова Е.Г. Влияние различных видов упаковочных материалов и продолжительности хранения на изменение потребительских свойств и безопасность грибов шампиньона двуспорового // Инновационные технологии в пищевой промышленности: сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2016. С. 176–178.
- 10 Шишкина Н.С., Карастоянова О.В., Шаталова Н.И., Левшенко М.Т. и др. Эффективная комплексная технология хранения фруктов и овощей с применением ионизирующих излучений и модифицированного состава газовой среды // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2018. С. 318–321.
- 11 Петров А.Н., Шишкина Н.С., Шаталова Н.И. Перспективные направления применения ионизирующих излучений для оптимизации технологии хранения и переработки плодоовощной продукции // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2018. С. 222–224.
- 12 Илюхина Н.В., Колоколова А.Ю. Закономерности ингибирования культуры *Salmonella* // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 4. С. 209–211.
- 13 Romero S.B., Knotek Z., Cizek A., Masarikova M. et al. The incidence and antibiotic resistance of *Salmonella* species isolated from cloacae of captive veiled chameleons // Acta Veterinaria Brno. 2015. V. 84. № 3. P. 209–213.
- 14 Spinali S., van Belkum A., Goering R.V., Girard V. Et al. Microbial typing by matrix-assisted laser desorption ionization–time of flight mass spectrometry: do we need guidance for data interpretation? // Journal of clinical microbiology. 2015. V. 53. № 3. P. 760–765.
- 15 ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции».
- 16 Попова Н.В., Сонавайн Ш., Абдуллина А.Р. Исследование влияния эффектов низкочастотного ультразвука на процессы сбраживания виноматериалов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2019. Т. 7. № 1. С. 79–88. doi: 10.14529/food190109

References

- 1 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).
- 2 Pershakova T.V., Kupin G.A., Aleshin V.N., Gorlov S.M. et al. Modern methods of preventing microbiological spoilage and increase the shelf life of crop products. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2018. no. 9. pp. 115–121. (in Russian).
- 3 Kunavin G.A., Kuznetsov N.N. Yield of spinach, depending on the technology of cultivation. Vegetable and gardening, Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. no. 4 (110). pp. 53–55. (in Russian).
- 4 Budnik S.V., Trofimov V.I., Shishkina N.S., Beletsky S.L. Prospects for processing technologies with accelerated electrons of plant materials. Innovative technologies for the production and storage of material assets for state needs. 2014. no. 2. pp. 70–79. (in Russian).
- 5 Kozmin G.V., Sanzharova N.I., Kibina I.I., Pavlov A.N. et al. Radiation technologies in agriculture and the food industry. Journal: advances in science and technology. 2015. vol. 29. no. 5. pp. 87–92.

- 6 Timakova R.T., Tikhonov S.L., Tikhonova N.V., Baykhozhaeva B.U. The use of radiation technology in the processing of food products. *Innovations in food biotechnology: proceedings of the International Symposium*. 2018. pp. 249–252. (in Russian).
- 7 Farkas J., Mohachi-Farkas C. History and future of food irradiation. *Sci. and Tech*. 2011. vol. 22. no. 11. pp. 121–126.
- 8 Ilyukhina N.V., Kolokolova A.Yu., Prokopenko A.V., Filipovich V.P. Investigation of the effectiveness of irradiation of biological objects using an accelerated electron beam. *Radiation technologies in agriculture and the food industry: state and prospects: International scientific and practical conference*. 2018. pp. 76–80. (in Russian).
- 9 Dulov M.I., Alexandrova E.G. The influence of various types of packaging materials and storage duration on changing consumer properties and the safety of mushrooms of dicotyledonous mushrooms. *Innovative technologies in the food industry: collection of articles of the III All-Russian scientific and practical conference with international participation*. 2016. pp. 176–178. (in Russian).
- 10 Shishkina N.S., Karastoyanova O.V., Shatalova N.I., Levshenko M.T. et al. Effective integrated technology for storing fruits and vegetables using ionizing radiation and a modified composition of the gaseous medium. *Collection of reports of the International Scientific and Practical Conference*. 2018. pp. 318–321. (in Russian).
- 11 Petrov A.N., Shishkina N.S., Shatalova N.I. Promising areas of application of ionizing radiation to optimize the technology of storage and processing of fruits and vegetables. *Radiation technologies in agriculture and the food industry: state and prospects: a collection of reports of the International Scientific and Practical Conference*. 2018. pp. 222–224. (in Russian).
- 12 Ilyukhina N.V., Kolokolova A.Yu. Patterns of Inhibition of Salmonella Culture. *Proceedings of VSUET*. 2018. vol. 80. no. 4. pp. 209–211. (in Russian).
- 13 Romero S.B., Knotek Z., Cizek A., Masarikova M. et al. The incidence and antibiotic resistance of Salmonella species isolated from cloacae of captive veiled chameleons. *Acta Veterinaria Brno*. 2015. vol. 84. no. 3. pp. 209–213.
- 14 Spinali S., van Belkum A., Goering R.V., Girard V. et al. Microbial typing by matrix-assisted laser desorption ionization–time of flight mass spectrometry: do we need guidance for data interpretation? *Journal of clinical microbiology*. 2015. vol. 53. no. 3. pp. 760–765.
- 15 TR TS 021/2011. Technical regulation of the Customs Union “On food safety”. (in Russian).
- 16 Popova N.V., Sonavayn S., Abdullina A.R. Investigation of the effects of low-frequency ultrasound on the processes of fermentation of wine materials. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnologies*. 2019. vol. 7. no. 1. pp. 79–88. doi: 10.14529/food190109 (in Russian).

Сведения об авторах

Жанна А. Семенова ВНИИ технологии консервирования – филиал ФГБНУ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная 78, г Видное, Россия, zhanna.kalinina2011@ya.ru

Наталья В. Илюхина к.х.н., ВНИИ технологии консервирования – филиал ФГБНУ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная 78, г Видное, Россия, inv63@mail.ru

Анастасия Ю. Колоколова к.т.н., ВНИИ технологии консервирования – филиал ФГБНУ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная 78, г Видное, Россия, aykolokolova@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-427-9587>

Михаил Т. Левшенко ВНИИ технологии консервирования – филиал ФГБНУ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная 78, г Видное, Россия, lev-mika@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7667-797X>

Мадина Н. Курбанова к.б.н., ВНИИ технологии консервирования – филиал ФГБНУ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная 78, г Видное, Россия, sk5969@ya.ru

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Zhanna A. Semenova All-Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of FSBSI the Federal Research Center of Food Systems named after V.M. Gorbato RAS, st. Shkolnaya 78, Vidnoye, Russia, zhanna.kalinina2011@ya.ru

Natalya V. Ilyukhina Cand. Sci. (Chem.), All-Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of FSBSI the Federal Research Center of Food Systems named after V.M. Gorbato RAS, st. Shkolnaya 78, Vidnoye, Russia, inv63@mail.ru

Anastasiya Yu. Kolokolova Cand. Sci. (Engin.), All-Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of FSBSI the Federal Research Center of Food Systems named after V.M. Gorbato RAS, st. Shkolnaya 78, Vidnoye, Russia, aykolokolova@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-427-9587>

Michail T. Levshenko All-Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of FSBSI the Federal Research Center of Food Systems named after V.M. Gorbato RAS, st. Shkolnaya 78, Vidnoye, Russia, lev-mika@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7667-797X>

Madinat N. Kurbanova Cand. Sci. (Biol.), All-Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of FSBSI the Federal Research Center of Food Systems named after V.M. Gorbato RAS, st. Shkolnaya 78, Vidnoye, Russia, sk5969@ya.ru

Contribution

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 22/07/2019	После редакции 31/07/2019	Принята в печать 11/08/2019
Received 22/07/2019	Accepted in revised 31/07/2019	Accepted 11/08/2019