

Закономерности ингибирования культуры *Salmonella*

Наталья В. Илюхина¹ inv63@mail.ru

Анастасия Ю. Колоколова¹ aykolokolova@yandex.ru

¹ ФГБНУ ВНИИТЭК, Московская область, Ленинский район, г. Видное, ул. Школьная, 78

Аннотация. Проведены исследования по эффективности ингибирования начальной степени инокуляции микроорганизма *Salmonella*. В данной работе изучена эффективность облучения модельных систем пучками электронов с энергией пучка 6,5 и 10 МэВ. Исследования выполнены на ускорителях УЭЛВ-10-10-С-70 в ЦКП ФМИ ИФХЭ РАН со средней энергией электронов пучка 6,5 МэВ и на радиационно-технологической установке с ускорителем электронов УЭЛР-10-10-40 в ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна со средней энергией пучка в 10 МэВ. Проведены исследования по изучению и выявлению зависимостей ингибирования патогенной микрофлоры, при облучении с различной интенсивностью, от структуры (плотности) изучаемых образцов, которые моделируют жидкие и твердые питательные среды. В исследовании использовали штамм *Salmonella enterica subsp. Enterica serovar Typhimurium*. Получены результаты ингибирования начальной степени обсеменения для двух установок. Исследования показали, что эффективность ингибирования культуры *Salmonella* может варьироваться в зависимости от характеристик пучка электронов. Например, при облучении образцов электронами с энергией 6,5 и 10 МэВ дозами от 3 до 7 кГр получены различные результаты эффективности угнетения культуры *Salmonella* на средах с различной структурой. При обработке образцов с исследуемыми штаммами культур в диапазоне доз от 4 до 5 кГр наблюдается увеличение роста микроорганизмов для всех условий обработки, а в остальных изучаемых диапазонах их ингибирование. Показана необходимость учитывать не только эффективность угнетения микрофлоры на конкретных продуктах, но и эффективность установки для конкретного образца.

Ключевые слова: ионизационная обработка, Salmolella

Patterns of inhibition of the culture of *Salmonella*

Natal'ay V. Ilyuhina¹ inv63@mail.ru

Anastasiya Yu. Kolokolova¹ aykolokolova@yandex.ru

¹ All-Russia Research Institute of Preservation Technology, Shkolnaya st., 78, Vidnoe, 144701, Russia

Abstract. Studies on the inhibition effectiveness of the initial degree of inoculation of the *Salmonella* microorganism were carried out. In this paper, the irradiation efficiency of model systems with electron beams with beam energy of 6.5 and 10 MeV was studied. The investigations were carried out at UELV-10-10-C-70 accelerator at Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of Russian Academy of Sciences (IPCE RAS) with an average beam power of 6.5 MeV and at radiation-technological center with an electron accelerator UELR-10-10-40 at A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Centre of Federal Medical Biological Agency with an average electron energy of 10 MeV. The conducted researches on studying and revealing the dependence of inhibition of pathogenic microflora, irradiation with different intensity, on the structure (density) of the studied samples, which model liquid and solid nutrient media. The study used a strain *Salmonella enterica subsp. Enterica serovar Typhimurium*. The results of the effective inhibition of the initial degree of contamination for the two plants were obtained. Studies have shown that the effectiveness of inhibition of *Salmonella* culture can vary depending on the characteristics of electron beams. For example, when samples were irradiated with electrons with energy of 6.5 and 10 MeV at doses from 3 to 7 kGy, various results of the inhibition effectiveness of *Salmonella* culture on media with different work were obtained. When processing samples with studied strains of cultures in the dose range from 4 to 5 kGy, there is an increase in the growth of microorganisms for all processing conditions. In the remaining studied ranges their inhibition are observed. It is important to take into account not only the effectiveness of the oppression of microflora on specific products, but also the efficiency of the installation for a specific sample.

Keywords: ionization treatment, electron beam, Salmolella

Введение

Радиационная обработка является универсальной технологией, которую возможно применять для любой сельскохозяйственной и пищевой продукции. Однако каждый вид продукта по-разному восприимчив к облучению, особенно если облучение проводится пучком ускоренных электронов. Исследования по изучению воздействия ионизирующего облучения на пищевую продукцию проводятся уже не одно десятилетие. Преимущество обработки ионизационным облучением заключается в том, что данная технология не является термической, при этом сохраняется высокое

качество продукции, обеспечивая микробиологическую стабильность и безопасность готового продукта [1, 4–6]. Также возможна радиационная обработка уже упакованного продукта.

Результаты многочисленных исследований в рамках Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО ООН) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) подтвердили эффективность и безвредность использования в пищу облученных свежих фруктов, овощей и картофеля при облучении с энергией ускоренных электронов не более 10 МэВ [1, 2–4, 6–10].

Проведенные ранее исследования в основном касаются определённых объектов

Для цитирования

Илюхина Н.В., Колоколова А.Ю. Закономерности ингибирования культуры *Salmonella* // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 4. С. 209–212. doi:10.20914/2310-1202-2018-4-209-212

For citation

Ilyuhina N.V., Kolokolova A.Yu. Patterns of inhibition of the culture of *Salmonella*. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 4. pp. 209–212. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-4-209-212

пищевой продукции, микрофлоры, пленок для одной установки. Сравнительного анализа эффективности облучения одного объекта на различных установках проведено не было. Данное исследование актуально при радиационной обработке пучком ускоренных электронов, электронные ускорители имеют различия по энергии, мощности пучка и системе формирования рассеянного пучка. Различия установок необходимо учитывать при облучении пищевой продукции пучками электронов, особенно при малых дозах до 7 кГр. Проведение данных исследований возможно лишь с применением модельных систем, которые позволят стандартизировать условия облучения для получения воспроизводимых результатов.

В работе изучена эффективность ингибирования микроорганизма *Salmonella*, находящегося в двух модельных системах (твердой и жидкой), с использованием ускорителей с энергией пучка 6,5 и 10,0 МэВ при прочих равных условиях. Проведены исследования по изучению и выявлению зависимостей ингибирования патогенной микрофлоры от облучения с различной интенсивностью и от структуры (плотности) изучаемых образцов.

Материалы и методы

В исследовании использовали штамм *Salmonella enterica subsp. Enterica serovar Typhimurium* с регистрационным номером в коллекции В-4922, происхождение штамма, АТСС 14028.

В качестве носителя культуры была выбрана твердая и жидкая питательная среда, приготовленная по ГОСТ 11133-1-2014 п 3.2.7 на основе мясного бульона с добавлением или без добавления бактериологического агара. Инокуляцию модельных систем проводили следующим образом: суспензию, содержащую определенное количество микроорганизмов, вносили в пробирки, содержащие 5 мл незаствывшей твердой или жидкой среды из расчета 2% инокулята от массы среды.

Облучение полученных модельных систем проводили на ускорителе УЭЛВ-10-10-С-70 в ЦКП ФМИ ИФХЭ РАН со средней энергией электронов пучка – 6,5 МэВ и на радиационно-технологической установке с ускорителем электронов УЭЛР-10-10-40 в ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна со средней энергией электронов 10 МэВ. Модельные системы облучали дозами в интервале 0 до 10 кГр. Процесс облучения контролировали пленочными дозиметрами СО ПД(Э)–1/10, изготовленными по ТУ 2379-006-1327176-00.

Эффективность облучения определяли путем исследования остаточной микрофлоры

в образцах, подвергшихся облучению с различной интенсивностью, на различных установках. Анализ проводили согласно действующей нормативной документации по определению количества мезофильно-аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов ГОСТ 10444.15-95.

Результаты и обсуждение

Получены результаты по ингибированию культуры *Salmonella* под воздействием облучения на установках с энергией электронов 6,5 и 10,0 МэВ с различной поглощенной дозой. Проведена сравнительная оценка воздействия на модельные среды различной структуры (рисунок 1). Модельные системы облучали дозами в интервале 0 до 10 кГр.

Исследования, проведенные на установке УЭЛВ-10-10-С-70 (6,5 МэВ), показали, что вид кривой угнетения культуры *Salmonella* имеет ступенчатый характер, который можно объяснить наличием в составе культуры двух субпопуляций, более устойчивых и менее устойчивых к облучению.

При облучении интенсивностью 3 кГр начальная обсемененность снижается на 10–4, при облучении 5 кГр на 10–4 для жидкой модельной среды и 10–5 для твердой модельной среды. При 7 кГр происходит полное угнетение начальной степени обсеменения. Исследования воздействия облучения объектов, различных по структуре носителя, показали разницу в результатах при облучении в диапазоне от 3 до 7 кГр.

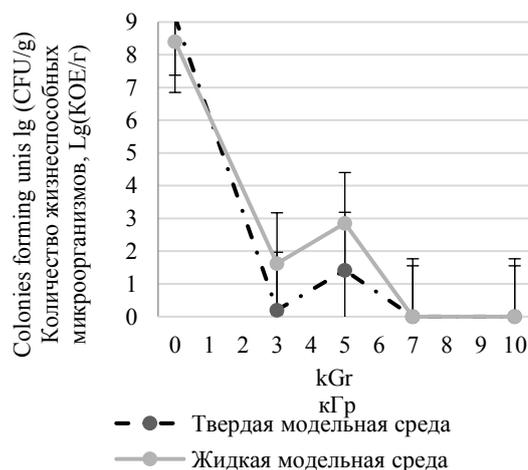


Рисунок 1. Зависимости ингибирования микроорганизма *Salmonella* при облучении модельных систем ускоренными электронами со средней энергией пучка 6,5 МэВ

Figure 1. Dependencies of inhibition of the *Salmonella* microorganism upon irradiation of model systems with accelerated electrons with an average beam energy of 6.5 MeV

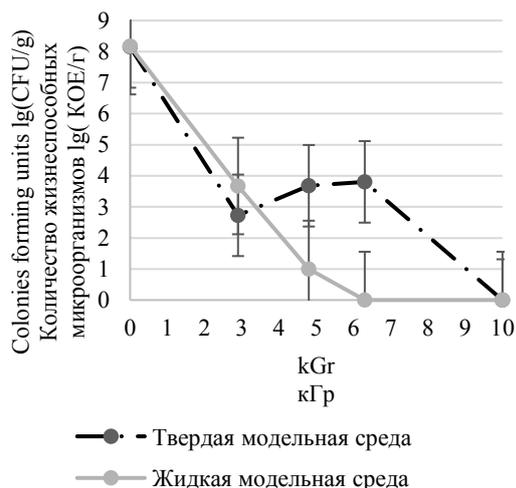


Рисунок 2. Зависимости ингибирования микроорганизма *Salmonella* при облучении модельных систем ускоренными электронами со средней энергией пучка 10 МэВ

Figure 2. Dependencies of inhibition of the *Salmonella* microorganism during irradiation of model systems with accelerated electrons with an average beam energy of 10 MeV

Исследования, проведенные на установке УЭЛР-10-10-40 (10 МэВ), показывают, что вид кривой угнетения культуры *Salmonella* имеет

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Алексахин Р.М., Санжарова Н.И., Козьмин Г.В., Гераськин С.А. и др. Перспективы использования радиационных технологий в агропромышленном комплексе Российской Федерации // Сельское хозяйство. 2014. № 1. С. 78–85.
- 2 Farkas J., Mohachi-Farkas C. History and future of food irradiation // *Sci. and Tech.* 2011. V. 22. № 11. P. 121–126.
- 3 Молин А.А. Развитие нормативного регулирования и популяризации применения радиационных технологий в области пищевой промышленности. Объединенная инновационная корпорация. Гос. Предприятие «Росатом». 2012.
- 4 Фрумкин М.Л., Ковальская Л.П., Гельфанд С.Ю. Технологические основы радиационной обработки пищевых продуктов. М.: 1973. 406 с.
- 5 Петров А.Н., Шишкина Н.С., Карастоянова О.В., Ключева О.А. и др. Применение ионизирующих излучений для оптимизации технологии холодильного хранения плодоовощной продукции // *Холодильная техника.* 2015. № 11. С. 51–55.
- 6 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: междунар. сб. науч. ст. ФГБУ НИИПХ Росрезерва.* под общ. ред. С.Е. Уланина. М.: Галлея-Принт, 2014. С.70–79.
- 7 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.
- 8 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.

ступенчатый характер. Ингибирование начальной степени инокуляции исследуемых образцов при облучении интенсивностью 2,9 кГр снижает начальную обсемененность на 10–4. При облучении 4,8 кГр для твердой среды – на 10–4, для жидкой среды это значение составляет 10–7, при 6 кГр для жидкой модельной среды снижение на 10–8, для твердой среды 10–4. При облучении интенсивностью 10 кГр происходит полное угнетение начальной микрофлоры. Исследования воздействия облучения на образцы, различные по структуре носителя, показали разницу в результатах исследования при облучении в диапазоне от 3,4 до 10 кГр.

Заключение

Получены результаты ингибирования начальной степени обсеменения для двух установок. Исследования показали, что эффективность облучения по угнетению культуры *Salmonella* может варьироваться в зависимости от характеристик пучка электронов. При облучении от 3 до 7 кГр для установки УЭЛВ-10–10-С-70 и 10 кГр для установки УЭЛР-10-10-40 получены различные результаты эффективности угнетения культуры.

9 Fagerquist C.K., Zaragoza W.J. Proteolytic surface-shaving and serotype-dependent expression of SPI-1 invasion proteins in *Salmonella enterica* subspecies enterica // *Frontiers in Nutrition.* 2018. V. 5. P. 124.

10 Li B.Z., Chen F., Guo Z.Z., He C.H. et al. Isolation and identification of *Salmonella/Escherichia coli* analogues in raw pork by matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry // *Journal of Food Safety and Quality.* 2018. V. 9. № 4. P. 717–722.

REFERENCES

- 1 Aleksahin R.M., Sanzharova N.I., Koz'min G.V., Geras'kin S.A. et al. Prospects for the use of radiation technologies in the agro-industrial complex of the Russian Federation. *Sel'skoe hoz'yajstvo* [Agriculture]. 2014. no. 1. pp.78–85. (in Russian).
- 2 Farkas J., Mohachi-Farkas C. History and future of food irradiation. *Sci. and Tech.* 2011. vol. 22. no. 11. pp. 121–126.
- 3 Molin A.A. Razvitie normativnogo regulirovaniya i populyarizacii primeneniya radiacionnyh tekhnologij v oblasti pishchevoj promyshlennosti [Development of regulatory regulation and popularization of the use of radiation technologies in the food industry. United Innovation Corporation State Enterprise "Rosatom"]. 2012. (in Russian).
- 4 Frumkin M.L., Koval'skaya L.P., Gel'fand S.Yu. Tekhnologicheskie osnovy radiacionnoj obrabotki pishchevyh produktov [Technological basics of food radiation processing]. Moscow, 1973. 406 p. (in Russian).
- 5 Petrov A.N., Shishkina N.S., Karastoyanova O.V., Klyueva O.A. et al. The use of ionizing radiation to optimize the technology of refrigeration storage of fruits and vegetables. *Holodil'naya tekhnika* [Refrigeration]. 2015. no. 11. pp. 51–55. (in Russian).

6 Budnik S.V., Trofimov V.I., Shishkina N.S., Beleckij S.L. Prospects for processing technologies of accelerated electrons of plant materials. *Innovacionnye tekhnologii proizvodstva i hraneniya material'nyh cennostej dlya gosudarstvennyh nuzhd* [Innovative technologies for the production and storage of wealth for state needs: international collection of scientific articles. FSBI SRIPS Rosrezerva. under total ed. S.E. Ulanina]. Moscow, Halley-Print, 2014. pp.70–79. (in Russian).

7 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.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья В. Илюхина к.х.н., ФГБНУ ВНИИТеК, ул. Школьная, 78, г. Видное 144701, Россия, inv63@mail.ru

Анастасия Ю. Колоколова к.х.н., ФГБНУ ВНИИТеК, ул. Школьная, 78, г. Видное 144701, Россия, aykolokolova@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

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

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 12.09.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 16.11.2018

8 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.

9 Fagerquist C.K., Zaragoza W.J. Proteolytic surface-shaving and serotype-dependent expression of SPI-1 invasion proteins in Salmonella enterica subspecies enterica. *Frontiers in Nutrition*. 2018. vol. 5. pp. 124.

10 Li B.Z., Chen F., Guo Z.Z., He C.H. et al. Isolation and identification of Salmonella/Escherichia coli analogues in raw pork by matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Food Safety and Quality*. 2018. vol. 9. no. 4. pp. 717–722.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Natal'ay V. Ilyuhina Cand. Sci. (Chem.), All-Russia Research Institute of Preservation Technology, Shkolnaya st., 78, Vidnoe, 144701, Russia, inv63@mail.ru

Anastasiay Yu. Kolokolova Cand. Sci. (Chem.), All-Russia Research Institute of Preservation Technology, Shkolnaya st., 78, Vidnoe, 144701, Russia, aykolokolova@yandex.ru

CONTRIBUTION

Authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 9.12.2018

ACCEPTED 11.16.2018