

НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ. МИРОВОЙ ОПЫТ. ЧАСТЬ 1

И.Ю. Потороко, И.В. Калинина, А.А. Руськина

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Учеными осуществляется интенсивный поиск и разработка новых методов хранения, часть которых внедрены в практику – хранение в газовых модифицированных средах, в условиях активной вентиляции, увеличения и поддержания влажности и температурного режима в хранилище, озонирование хранилища и другие. В статье представлены материалы исследований российских и зарубежных ученых в области поиска эффективных технологий обеспечения качества плодов и овощей при хранении. На основании сведений, представленных в открытой печати, сформирована подборка описания прогрессивных технологий, в частности, ионизирующего излучения, термического воздействия, нанокompозитных пленок, ультразвуковых эффектов. Учеными Техасского университета показано, что эффективность облучения для свежих плодов и овощей потребует не только соответствующего источника излучения, но и инновационных упаковочных систем, которые могли бы помочь обеспечить радиосенсибилизацию для повышения безопасности продукта без ухудшения их органолептических характеристик. Так, оптимальными режимами облучения брокколи являются: ускоритель 10 МэВ, при условии использования конфигурации с двойным лучом (верхнее и нижнее воздействие). При этом продукт располагается на 132,5 градусов между лучами, каждая входная доза составляет 0,71 кГр (Гр – единица измерения поглощенной дозы. 1 грей = 100 рад). Учеными определено, что наилучшие условия для сохранения плодоовощного сырья достигаются при создании температур, близких к криоскопическим, однако для того, чтобы исключить замерзание продукта в процессе хранения, необходимо наличие определенного температурного запаса до момента перехода воды в лед. Ультразвуковое воздействие является весьма перспективным, так как позволяет создать особую среду в пищевой системе. При незначительном изменении кислотности подвергают электролизу воду, которую возможно эффективно применить для обработки картофеля. Полученный таким образом экологически чистый antimикробный агент позволяет улучшить микробиологическую безопасность картофеля во время хранения.

Ключевые слова: плоды и овощи, хранение, ионизирующее облучение, криоскопия, ультразвук.

Проблемы безопасности продовольственного сырья и продуктов питания не утрачивают своей актуальности и решаются на государственном уровне, что определяет «Стратегия повышения качества пищевой продукции на период до 2030 года» (Распоряжение Правительства РФ № 1364-р от 29.06.16 г.). Данный документ ориентирован на обеспечение полноценного питания, профилактику заболеваний, увеличение продолжительности и повышение качества жизни населения, стимулирование развития производства и обращения на рынке пищевой продукции надлежащего качества [1].

Безусловно, весьма сложно обеспечить мониторинг качества пищевой продукции с учетом спектра потенциально опасных контаминантов химической и биологической природы (включая остаточные количества веществ, используемых в сельскохозяйственном производстве в целях профилактики и лече-

ния болезней продуктивных животных и растений, средств защиты растений, устойчивые к антибиотикам микроорганизмы), пищевой ценности и потребительских свойств. В связи с чем, изучение методов, позволяющих исключить контаминацию, в том числе микробную, и сохранить качество продукции, в том числе пищевую ценность, на длительное время определяет актуальность исследований в данном направлении.

В России и за рубежом уже несколько десятилетий осуществляется интенсивный поиск и разработка новых методов хранения, часть которых внедрены в практику – хранение в газовых модифицированных средах, в условиях активной вентиляции, увеличения и поддержания влажности и температурного режима в хранилище, озонирование хранилища и другие. Однако достичь необходимых результатов удается нечасто, так как пло-

овощная продукция является «живой системой», которая продолжает жизнедеятельность с момента прорастания до момента непосредственного потребления, а поддержание этих процессов на минимальном уровне – основная задача хранения.

Rosana G. Moreira (профессор Пищевого инжиниринга, биологии и сельскохозяйственного инжиниринга Department Life Sciences at Texas A&M University) более 15 лет занимается проблемами удлинения сроков хранения овощей и фруктов на основе использования ионизирующего излучения. По ее мнению, применение данного метода эффективно сокращает количество общих микробных инфекционных агентов в свежей продукции. Ниже представлены материалы исследований с ее участием.

Мойка и очистка продукции с помощью хлора, озона, диоксида – широко используемые методы в сокращении популяции болезнетворных микроорганизмов, таких как *E.coli* и *Salmonella*, опасных для человека. Такие способы воздействия дают эффект, но имеют некоторые ограничения в отношении микроорганизмов, поселившихся в труднодоступных для обработки местах [3, 10].

Ионизирующие излучения являются нетепловым воздействием, обеспечивают губительное действие на патогенные микроорганизмы. В ходе исследований для салата и молодого шпината было установлено, что 90 % микроорганизмов погибает при воздействии ионизирующего излучения в диапазоне 0,12...0,30 кГр. При этом сенсорных изменений не наблюдалось до 1 и 2 кГр. В связи с чем, в августе 2008 года Управление по контролю за продуктами и лекарствами (FDA) позволила использовать ионизирующую радиацию (до 4 кГр), чтобы сделать салат и шпинат более безопасными и обеспечить задержку порчи [5].

Puerta-Gomez A.F, Moreira R.G., Kim J. и Castell-Perez M.E. изучали влияние ионизирующего излучения на темпы роста *Escherichia Coli* spp. and *Salmonella Typhimurium* LT2 при охлаждении листьев свежего шпината [2]. Авторы считают, что сохранение свежих продуктов с использованием ионизирующего излучения имеет важное стратегическое значение для будущего продовольственной безопасности во всем мире. Так как имеется достаточное количество исследований в данной области и доказано, что это безопасно (если все сделано правильно). Однако, несмотря на

впечатляющие достижения в существующих методах облучения, технологии требуют оптимизации, с целью обеспечения возможности применения для всех видов свежих и/или минимально обработанных плодов и овощей.

Для правильного ведения процесса облучения свежих продуктов требуется инженерный подход, так как важно учитывать равномерное распределение по массе продукта и учитывать не только бактерицидные эффекты, но и возможное влияние на качество обрабатываемого продукта. Только на основе моделирования можно спрогнозировать эффекты микробной деконтаминации, а также обеспечение целостности и качества продукции. Такой подход обеспечивает надежные методы прогнозирования доставки дозы излучения, чтобы гарантировать, что свежие фрукты и овощи подвергаются воздействию в дозе, необходимой для инактивации патогенных микроорганизмов [2, 3, 11].

Авторы предлагают учитывать, что живые клетки теряют свои биологические функции при воздействии ионизирующего излучения, главным образом, за счет разрушения или повреждения их ДНК, либо в результате взаимодействия с активными радикалами, такие как продукты радиолиза воды. В целом, облучение пищевых продуктов – процедура, рассчитанная на 5-кратное снижение начальной популяции патогенов. Применительно к продуктам питания облучатели должны быть сконструированы так, чтобы обеспечить поглощение дозы продуктом в пределах, допустимых требованиями государственного регулирования. Несмотря на низкий коэффициент равномерности, доза менее или равная 1,5 кГр – главная цель в организации работы излучателей. При этом, многие пищевые продукты могут переносить более высокий коэффициент равномерности дозы излучения – до 3 кГр.

Свежие продукты, как правило, очень чувствительны к передозировке, которая может привести к повреждению тканей и повлиять на его качественные характеристики, такие как цвет, вкус, аромат и текстуру. Поэтому дозы ионизирующего излучения должны быть максимально равномерными и характеризоваться достаточно высоким уровнем инактивации патогенов без ухудшения качества продукта.

Так, для дыни, по мнению авторов разработок, из-за различия формы и состава отдельных частей (воздушные полости, соотношение корки и плодовой мякоти) необходимо

точное проектирование процесса облучения [4, 12]. Аналогичный подход применим и для плодов орехоплодных [5].

Зон рассеяния электронов и/ или передозировки облучения, возникающих при облучении всей дыни, достаточно много. В качестве решения этих проблем учеными была предложена оптимальная модель обработки дыни – вращение плодов вокруг луча, два режима работы источников излучения, что позволило сделать процесс более эффективным [2, 8].

Весьма сложно обеспечить равномерное облучение плодов и овощей размещенных навалом. Например, облучение черники в лотке может быть очень сложной задачей из-за большого различия в плотности внутри лотков. Наличие воздушных карманов в массе плодов может привести к большому коэффициенту неравномерности дозы (цель – это коэффициент однородности $\leq 1,5$ кГр). Этот аспект распределения дозы не обнаруживается с помощью традиционных дозиметров, которые обычно размещаются за пределами лотка (нижней и верхней) и может привести к неправильному планированию облучения с последующим сокращением длительности хранения [8, 9].

Особое место в своих исследованиях авторы отводят обеспечению процессов облучения листовых овощей (салата, шпината, кинзы, рукколы и т. д.). Для этих объектов требуется очень точная дозиметрия, чтобы уменьшить повреждения тканей. Большинство ускорителей, имеющиеся в продаже, не подходят для свежих продуктов, потому что эти устройства были разработаны для облучения мяса [3, 7], в связи с чем возможно применение различных подходов: либо применять пленку [6] и с ее помощью изменять расстояние до излучателя, либо строить 3D-модель и рассчитывать дозу облучения.

Таким образом, тщательное размещение и ротация продуктов должны быть приняты во внимание, чтобы гарантировать, что вся продукция получила равномерную дозу облучения, что возможно обеспечить с помощью моделирования процессов.

На основании результатов моделирования исследователями были установлены наиболее

оптимальные режимы и условия облучения: ускоритель 10 МэВ, двойной луч (верхнее и нижнее воздействие), продукт располагается на 132,5 градусов между лучами, каждая входная доза 0,71 кГр.

После хранения в течение семи недель наблюдались явные изменения качества в контрольном образце, тогда как опытные образцы сохраняли свежесть. В целом, эффективность облучения для свежих фруктов и овощей требует не только соответствующего источника излучения, а также инновационных упаковочных систем, которые могли бы помочь обеспечить радиосенсибилизацию для повышения безопасности продукта без ухудшения его органолептических характеристик. Такой подход является важным, поскольку позволяет снизить применяемые дозы, что, в свою очередь, повышает вероятность свести к минимуму влияние облучения на качество продукта.

Стратегии радиосенсибилизации включают в себя использование антибактериальных препаратов в пленках, упаковку в модифицированной атмосфере, озонирование и другие. Технология моделирования позволяет определить скорость доставки противомикробных препаратов при воздействии ионизирующего излучения, длительность воздействия озона, синергетический эффект от температуры и ионизирующих излучений и так далее [4, 7, 13].

Таким образом, за счет грамотного планирования облучения на основе моделирования увеличиваются срок хранения и качество свежих продуктов, что позволяет значительно снизить экономические потери от порчи плодоовощной продукции. Кроме того, если потребители начинают понимать, что безопасность их свежих продуктов увеличивается в связи с использованием точных расчетов дозы при обработке ионизирующим излучением, их восприятие облученной пищи может меняться в положительную сторону (проф. Елена Кастель-Перес, д.т.н., профессор пищевых технологий на кафедре биологической инженерии в Техасском университете, Г. Розана Морейра, к.т.н., профессор кафедры пищевой инженерии на кафедре биологической инженерии в Техасском университете).

Литература/References

1. Стратегия повышения качества пищевой продукции на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ №1364-р от 29.06.16 г. [*Strategiya povysheniya kachestva pishchevoy produktsii na period do 2030 goda. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF №1364-r ot 29.06.16 g.*]

2. Puerta-Gomez A.F., Kim J., Moreira R.G., Klutke G.-A., Castell-Perez M.E. Quantitative assessment of the effectiveness of intervention steps to reduce the risk of contamination of ready-to-eat baby spinach with Salmonella Original Research Article. *Food Control*, 2013, vol. 31, iss. 2, pp. 410–418. DOI: 10.1016/j.foodcont.2012.10.022
3. Puerta-Gomez A.F., Moreira R.G., Kim J., Castell-Perez E. Modeling the growth rates of Escherichia coli spp. and Salmonella Typhimurium LT2 in baby spinach leaves under slow cooling. *Original Research Article Food Control*, 2013, vol. 29, iss. 1, pp. 11–17. DOI: 10.1016/j.foodcont.2012.05.070
4. Gomes C., Silva P. Da, Chimbombi E., Kim J., Castell-Perez E., Moreira R.G. Electron-beam irradiation of fresh broccoli heads (*Brassica oleracea L. italica*). *Original Research Article LWT – Food Science and Technology*, 2008, vol. 41, iss. 10, pp. 1828–1833. DOI: 10.1016/j.lwt.2008.02.014
5. Ezekiel Chimbombi, Rosana G. Moreira, Elena M. Castell-Perez, Alex F. Puerta-Gomez Assessing accumulation (growth and internal mobility) of Salmonella Typhimurium LT2 in fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo L.*) for optimization of decontamination strategies. *Original Research Article Food Control*, 2013, vol. 32, iss. 2, pp. 574–581. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.04.028
6. Karagöz I., Moreira R.G., Castell-Perez M.E. Radiation D10 values for Salmonella Typhimurium LT2 and an Escherichia coli cocktail in pecan nuts (*Kanza cultivar*) exposed to different atmospheres. *Original Research Article Food Control*, 2014, vol. 39, pp. 146–153. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.10.041
7. Han J., Castell-Perez M.E., Moreira R.G. The influence of electron beam irradiation of antimicrobial-coated LDPE/polyamide films on antimicrobial activity and film properties. *Original Research Article LWT – Food Science and Technology*, 2007, vol. 40, iss. 9, pp. 1545–1554. DOI: 10.1016/j.lwt.2006.11.012
8. Jaejoon Han, Carmen L. Gomes-Feitosa, Elena Castell-Perez, Rosana G. Moreira, Paulo F. Silva Quality of packaged romaine lettuce hearts exposed to low-dose electron beam irradiation. *Original Research Article LWT – Food Science and Technology*, 2004, vol. 37, iss. 7, pp. 705–715. DOI: 10.1016/j.lwt.2004.02.007
9. Maria A. Moreno, M. Elena Castell-Perez, Carmen Gomes, Paulo F. Da Silva, Rosana G. Moreira Quality of electron beam irradiation of blueberries (*Vaccinium corymbosum L.*) at medium dose levels (1.0–3.2 kGy). *Original Research Article LWT – Food Science and Technology*, vol. 40, iss. 7, September 2007, pp. 1123–1132. DOI: 10.1016/j.lwt.2006.08.012
10. Mauricio E. Martiñon, Rosana G. Moreira, M. Elena Castell-Perez, Carmen Gomes Development of a multilayered antimicrobial edible coating for shelf-life extension of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo L.*) stored at 4 °C. *Original Research Article LWT – Food Science and Technology*, 2014, vol. 56, iss. 2, pp. 341–350. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.11.043
11. Nereide Serafim Timóteo dos Santos, Ana Júlia Alves Athayde Aguiar, Carlos Eduardo Vasconcelos de Oliveira, Camila Veríssimo de Sales, Silvanda de Melo e Silva, Rosana Sousa da Silva, Thayza Christina Montenegro Stamford, Evandro Leite de Souza Efficacy of the application of a coating composed of chitosan and *Origanum vulgare L.* essential oil to control *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* in grapes (*Vitis labrusca L.*). *Original Research Article Food Microbiology*, 2012, vol. 32, iss. 2, pp. 345–353. DOI: 10.1016/j.fm.2012.07.014
12. Rodriguez O., Castell-Perez M.E., Moreira R.G. Effect of sugar content and storage temperature on the survival and recovery of irradiated Escherichia coli K-12 MG1655. *Original Research Article LWT – Food Science and Technology*, 2007, vol. 40, iss. 4, pp. 690–696. DOI: 10.1016/j.lwt.2006.02.023
13. Rosana G. Moreira Food Irradiation – Fresh Fruits and Vegetables Presentation International Non-thermal Food Processing Workshop. *Research and Innovation Towards Competitiveness*, Brazil, 2013.

Потороко Ирина Юрьевна. Доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), irina_potoroko@mail.ru

Калинина Ирина Валерьевна. Кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), 9747567@mail.ru

Руськина Алена Александровна. Старший преподаватель кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), ruskina_a@mail.ru.

Поступила в редакцию 7 ноября 2016 г.

THE SCIENTIFIC APPROACHES IN MAINTAINING QUALITY AND SAFETY OF FRUIT AND VEGETABLES DURING THE STORAGE. INTERNATIONAL PRACTICES. PART 1**I.Yu. Potoroko, I.V. Kalinina, A.A. Ruskina***South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation*

Researchers perform a thorough search and develop new storage methods. Some of them are put into practice: storage in gas modified environments, in the context of active ventilation, increase in and maintenance of moisture and temperature conditions in a warehouse, ozone treatment of the warehouse, etc. The article presents the research results of Russian and foreign scholars in the field of enabling technologies for maintaining quality of fruit and vegetables during the storage. Based on the data given in the public media there is a collection of advanced technologies, in particular, ionizing radiation, thermal influence, nanocomposite films and ultrasonic effect. The researchers of Texas University have proved that the irradiation efficiency for fresh fruit and vegetables requires not only a relevant irradiation source, but also innovative packaging systems, which can ensure radiosensitivity to improve product safety without deteriorating their organoleptic characteristics. The optimal modes of broccoli irradiation are: an accelerator 10 MeV, using the configuration with a double beam (upper and lower impact). In this case the product has 132.5 degrees between the beams, and each entrance dose makes up 0.71 kGy (Gy is a measuring unit of absorbed dose. 1 Gray = 100 rad). The researchers have revealed that the best conditions for keeping fruit and vegetables are achieved by creating temperatures that are close to cryoscopic ones. However, to exclude freezing of a product during the storage special temperature reserves until the point of water-ice transition are required. The ultrasonic treatment is quite promising, as it makes it possible to create a special environment in the food system. In case of insignificant change of acidity the water is electrolyzed. This water can be effectively applied for potato processing. Thus, the obtained environmentally friendly antimicrobial agent helps to improve the microbiological safety of potato during the storage.

Keywords: fruits and vegetables, storage, ionizing radiation, cryoscopy, ultrasound.

Irina Yu. Potoroko, Doctor of Sciences (Engineering), professor of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, irina_potoroko@mail.ru

Irina V. Kalinina, Candidate of Sciences (Engineering), associate professor of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, 9747567@mail.ru

Alena A. Ruskina, Senior lecturer of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, ruskina_a@mail.ru.

Received 7 November 2016

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Потороко, И.Ю. Научные подходы в обеспечении качества и безопасности плодов и овощей в процессе хранения. Мировой опыт. Часть 1 / И.Ю. Потороко, И.В. Калинина, А.А. Руськина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2017. – Т. 5, № 1. – С. 14–18. DOI: 10.14529/food170102

FOR CITATION

The Scientific Approaches in Maintaining Quality and Safety of Fruit and Vegetables During the Storage. International Practices. Part 1. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2017, vol. 5, no. 1, pp. 14–18. (in Russ.) DOI: 10.14529/food170102