

УДК 544.54

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ХРАНЕНИЕ ОВОШЕЙ

¹Х.Ф. Маммадов, ²З.З. Халилов, ¹С.М. Алиев, ¹Х.Н. Ширалиева, ¹У.С. Алиева-Джаббарлы, ¹Э.И. Мехтиев, ²Дж.Х. Османов

Институт Радиационных Проблем Национальной АН Азербайджана Az 1143, Баку, пр. Г. Джавида, 121
²Комплекс Гамма Стерилизации Национального Центра Ядерных Исследований, Az 1100, Баку, Абшеронский район, поселок Гобу, Тел: (+99412) 538-47-58, e-mail:xagani06@mail.ru

> Поступила в редакцию 14.05.2021. Принято к печати 18.07.2021

Изучено влияние ионизирующего излучения на органолептические свойства и сроки хранения некоторых овощей (картофель, лук, морковь, свекла, помидоры и сладкий перец). Образцы овощей были упакованы в специальные полимерные посуды и с целью проведения дозиметрии рядом с образцами в каждой посуде были размещены по 3 ампулы, содержащие по 5 мл очищенного бензола. Образцы овощей вместе с ампулами были облучены дозами $0.5~\kappa\Gamma p,~1.0~\kappa\Gamma p,~3.0~\kappa\Gamma p$ и $5.0~\kappa\Gamma p$ ионизирующего гамма излучения от ⁶⁰Co источников установки для стерилизации 19 мая 2021 года. Периодически были изучены внешний вид и органолептические свойства облученных образцов овощей, помещенных в сухое, проветриваемое помещение. Со временем было зафиксировано ухудшение органолептических свойств некоторых образцов, и эти образцы были отобраны и вынесены из помещения. Количество картофеля и лука, утративших потребительские свойства с 18.05.2021 года по 15.08.2021 года среди необлученных образцов и облученных поглощенными дозами $3.0 \text{ и } 5.0 \text{ к} \Gamma p$, составляло приблизительно 30-40%. Однако, в отличие от облученных образцов в этот период наблюдали постепенное прорастание необлученных неиспорченных образцов картофеля и лука, содержащихся в одинаковых условиях с облученными образцами. До 15 августа 2021 года каких-либо изменений во внешнем виде и органолептических свойствах образиов картофеля и лука, облученных дозами 0.5 и 1.0 к Γ р, не было обнаружено. Было установлено, что для предотвращения прорастания и увеличения срока хранения картофеля и лука требуется их облучение поглощенными дозами 0.5 и 1.0 кГр, для 2-3 кратного увеличения сроков хранения остальных видов овощей требуется облучение поглощенными дозами не более $0.5 \ \kappa \Gamma p$.

Ключевые слова: ионизирующее излучение, дозиметрия, хранение, картофель, лук.

DOI: 10.32737/2221-8688-2021-2-120-128

Введение

Традиционно во многих районах нашей страны выращивается много видов овощей. Весной и летом к концу рабочего дня на рынках районов И столицы ежедневно наблюдается выброс огромного количества портящихся овощей. В последние годы подобная сцена наблюдается даже и в времена года. Для решения проблем продовольственной безопасности всегда возникает необходимость изучения и использования новых эффективных способов хранения продуктов растениеводства. Источники ионизирующих

излучений успешно применяются продления срока хранения фруктов, овощей, зерна, ДЛЯ улучшения их качества, дезинфекции, дезинсекции, пастеризации, стерилизации, консервирования продуктов пишевой промышленности. Поэтому, помимо широкого внедрения холодильных установок ДЛЯ хранения продуктов увеличения растениеводства, изучение сроков хранения овощей в результате их облучения малыми дозами ионизирующего гамма излучения является злободневной и весьма актуальной проблемой [1-7].

Экспериментальная часть

Для определения поглощенной дозы ионизирующего гамма излучения от 60Со источников установок облучения (МРХ-у-25 и УК-120000), имеющихся в Институте Радиационных Проблем Азербайджанской Национальной Академии Наук, Национальном Центре Ядерных Исследований Комплексе Гамма Стерилизации (Multipurpose Panorama Gamma Irradiator - Servo Type), паралельно процессу облучения образцов овощей были проведены дозиметрические исследования с использованием жидкого бензола.

Используемый для дозиметрии бензол марки «химический чистый для анализа» подвергали хроматографическому контролю на чистоту.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема вакуумной установки, предназначенная для откачки растворенных в жидком бензоле газов.

Установка состоит из вакуумной части, стеклянных объемов для хранения исходных жидкостей и газов, измерительной части (манометров) и позволяет работать при давления 2.10^{-5} Па.

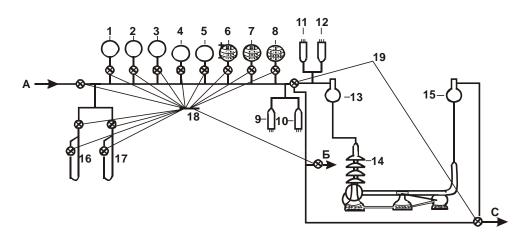


Рис.1. Принципиальная схема вакуумной установки.

А, Б - откачиваемые ампулы; С - форвакуумный насос;

1, 2, 3, 4, 5 – стеклянные объёмы;

6, 7, 8 - объёмы, заполненные окисью алюминия и силикагеля,

обмотанные снаружи спиралью;

9, 11 - лампы ПМТ-2; 10, 12 - ПМИ- 2;

13, 15 – ловушки (стеклянные дьюары);

14 – диффузионный насос с воздушным охлаждением,

16 – масленный манометр; 17 – ртутный манометр;

18 – краны двухходовые;19 – краны трёхходовые.

Fig. 1. Schematic diagram of a vacuum unit.

Here A, B - pumped out ampoules, volumes, etc. C - foreline pump

1, 2, 3, 4, 5 - glass volumes;

6, 7, 8 - volumes filled with aluminum oxide and silicagel,

wound on the outside in a spiral.

9, 11 - PMT-2 lamps; 10, 12 - PMI-2 lamps;

13, 15 - traps (glass dewars);

14 - air-cooled diffusion pump,

16 - oil pressure manometer; 17 - mercury manometer;

18 - two-way taps; 19 - three-way taps.

Стеклянные ампулы, предназначенные для дозиметрии с использованием бензола,

предварительно присоединяются к выходу вакуумной установки и откачиваются до

 10^{-2} ÷ 10^{-3} Па (в течение 30 минут при Т≥500 К, а затем ещё в течении 30 минут при комнатной температуре), после чего они отсоединяются от вакуумной установки и заполняются 5 мл бензолом. Для очистки бензола от растворенных газов проводили откачку газов И паров вакуумной снабженной установкой, вакуумными лампами, ловушками, масленным и ртутным манометрами, стеклянными сосудами трехходовыми вакуумными кранами. Используемый жидкий бензол подвергался многократной (4-5 раз) очистке по типу «замораживание - напуск в вакуум - откачка оттаивание льда мелленная откачка растворившихся газов» при 293°К.

Качественный анализ бензола, проводили на хроматографе GC-2010 (Shimadzu, Япония) с капиллярной колонкой (30м $\times 0.32$ мм) Supelco Nucol, при температуре 120°C, с пламенно-ионизационным детектором. В качестве

газа-носителя использовался гелий (99,995%). Продукты радиолиза бензола $(H_2,$ СН₄) анализировали хроматографическим методом при комнатной температуре на газоанализаторе «Газохром 3101», снабженным термохимическим детектором и насадочной колонкой $(3M\times3MM)$, активированным углем. В заполненной качестве газа-носителя был использован поток атмосферного воздуха, нагнетаемый заводским мини-насосом прибора. Бензол и радиолиза продукты его также анализировались на хроматографе «Agilent 7890А» (Agilent, США) снабженный двумя детекторами для работы в двух режимах: для анализа углеводородов при температуре 120°С с ДИП, соединенным с капиллярной колонкой (30м×0.32мм) GC-Gaspro, а также анализа водорода при комнатной температуре с катарометром, соединенным с капиллярной колонкой (30м×0.53мм) Supelco CarboxenTM. В обоих режимах в качестве газа-носителя использовался гелий (99,995%) [8, 9].

Обсуждение результатов

Проведенные хроматографические анализы показали высокую чистоту и отсутствие в объеме очищенного бензола примесей и растворенных газов (с учетом порога чувствительности хроматографа).

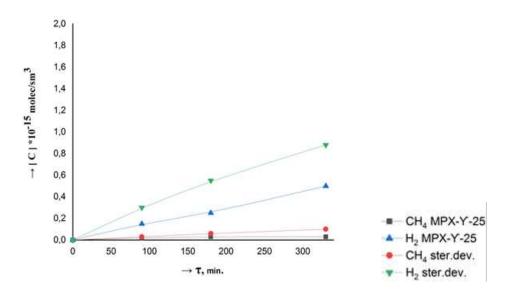


Рис. 2. Кинетические зависимости образования молекулярного водорода (зеленая кривая – стерилизационная установка, синяя кривая – MPX-γ-25) и метана (красная кривая – стерилизационная установка, серая кривая - MPX-γ-25) при гамма радиолизе жидкого бензола (5 мл).

Fig. 2 Kinetic dependences of molecular hydrogen formation (green curve - sterilization installation, blue curve - MPX-γ-25) and methane (red curve - sterilization installation, gray curve - MPX-γ-25) at gamma radiolysis of liquid benzene (5 ml).

Кинетика образования молекулярного водорода и метана при облучении бензола ионизирующим гамма излучением ⁶⁰Со источников вышеуказанных стерилизационной и радиационно-химических установок представлена на рисунках 2 и 3. Поглощенную дозу

определяли с учетом значения радиационнохимического выхода образования молекулярного водорода и метана из бензола (0.11 молекул $H_2/100$ эВ и 0.012 молекул $CH_4/100$ эВ [10]), используя значения их концентрации на линейной части кинетических зависимостей.

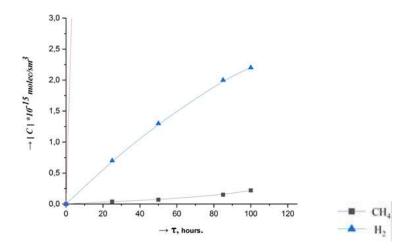


Рис. 3. Кинетические зависимости образования молекулярного водорода (синяя кривая) и метана (серая кривая) при гамма радиолизе жидкого бензола (5 мл) на установке облучения УК-120000.

Fig. 3. Kinetic dependences of molecular hydrogen formation (blue curve) and methane (gray curve) formation during gamma radiolysis of liquid benzene (5 ml) at the installation of irradiation YK-120000.

Образцы картофеля, лука, моркови, свеклы, сладкого перца и помидоров были собраны в полимерные емкости с крышками, а стеклянные ампулы с расплавленными тонкими горлышками и наполненные 5 мл бензолом для дозиметрии, были помещены рядом с образцами овощей.

Проведенные расчеты показали, что мощность поглощенной дозы в средней части кареты (передвигаются на расстоянии несколько метров от источников), где были помещены образцы овощей и облучаемые ампулы в полимерных посудах, и в зоне облучения ампул, находящихся в

геометрическом центре расположения источников на установке МРХ- γ -25 и УК-120000, соответственно, составляла 45 кРад/час (0.45 кГр/час), 10 кРад/час (0.1 кГр/час) и 6.6 кРад/час (0.066 кГр/час).

Периодически были изучены внешний вид и органолептические свойства облученных образцов овощей, помещенных в сухое, проветриваемое (через верхние противоположные боковые форточки) помещение, имеющее конструкцию, исключающую прямое попадание солнечных лучей вовнутрь и где температура даже в полдень не превышала 20-25°C) (рис.4).



Рис. 4. Внешний вид приготовленных 18 мая 2021 года для облучения образцов овощей (картофель, лук, морковь и свекла, помидоры и сладкий перец (a, b);
- ухудшение потребительских свойств овощей, облученных дозой 5 кГр (незначительное размягчение и сморщивание овощей, образование трещин на кожуре помидоров) к 01.06.2021 года (c, d);

- внешний вид образцов картофеля и лука, облученных дозами 0.5-1.0 кГр, сохранившиеся с неиспорченным внешним видом и органолептическими свойствами до 15 августа 2021 года (e, f, g);
 - образцы необлученных картофеля и лука, сохранившиеся при идентичных условиях /наблюдается прорастание необлученных корнеплодов/ (h).
- **Fig. 4**. Visual appearance of prepared for irradiation on May 18, 2021 samples of vegetables (potatoes, onions, carrots and beets, tomatoes and sweet pepper (a, b);
- deterioration of the consumer properties of irradiated vegetables a dose of 5 kGy (slight softening and shrinking of vegetables, formation of cracks on the peel of tomatoes) at 01.06.2021 (c, d):
- appearance of samples of potatoes and onions irradiated with doses of 0.5-1.0 kGy, preserved with an intact appearance and organoleptic properties until August 15, 2021 (e, f, g);
- samples of unirradiated potatoes and onions preserved at identical conditions / germination of unirradiated samples of potatoes and onions / (h).
- 01 июня 2021 года было зафиксировано ухудшение потребительских свойств овощей (кроме картофеля и лука), облученных дозой 5 кГр (незначительное размягчение и сморщивание овощей, образование трещин на кожуре помидоров);
- 06 июня 2021 года было зафиксировано ухудшение потребительских свойств овощей (кроме картофеля и лука) облученных дозой 3 кГр (незначительное размягчение и сморщивание овощей, образование трещин на кожуре помидоров). Испорченные образцы были отобраны и удалены из помешения;
- с 15 июня до 25 июня 2021 года было зафиксировано ухудшение потребительских свойств овощей (кроме картофеля и лука), облученных дозой 1 кГр (незначительное размягчение и сморщивание овощей, пожелтение сладких перцев, признаки образования плесени на помидорах). Эти испорченные образцы были отобраны и удалены из помещения;
- с 26 июня до 20 июля 2021 года было зафиксировано постепенное ухудшение потребительских свойств части (около 30%) картофеля и лука, облученных дозой 3 и 5 кГр (размягчение, сморщивание и появление признаков загнивания). Эти испорченные образцы были отобраны и вынесены из помещения;

- при последнем осмотре 15 августа 2021 года оставщихся образцов картофеля и лука (облученных поглощенными дозами 0.5 и 1.0 кГр и приблизительно 60% исходного количества, облученных дозами 3.0 и 5.0 кГр), каких-либо ухудшений их внешнего вида и потребительских свойств не было обнаружено. Однако, в этот период наблюдали постепенное прорастание оставшейся неиспорченной части (приблизительно 60%) необлученных образцов картофеля и лука, содержащихся в облученными одинаковых условиях c образцами.

Ухудшение внешнего вида, органолептических И потребительских свойств необлученных образцов овощей, хранившихся в идентичных условиях для сравнительного анализа, наблюдалось в среднем 2-3 раза быстрее, чем для образцов, облученных поглощенной дозой 0.5 и 1.0 кГр. В неиспортивщейся части (около 60% исходного) образцов необлученного картофеля и лука с конца июля по 15 августа 2021 года было обнаружено постепенное прорастание. Однако, при последнем осмотре 15 августа 2021 года облученных поглощенными дозами 0.5 и 1.0 картофеля и лука, каких-либо ухудшений их потребительских свойств или их прорастание не было обнаружено.

Выводы

Результаты проведенной дозиметрии с использованием бензола марки «химический чистый для анализа» показали, что мощность поглощенной дозы в средней части кареты (где были помещены образцы овощей и ампулы с бензолом в полимерных посудах) и в зоне облучения ампул с бензолом (помещенных в геометрическом центре расположения источников) на установках МРХ-у-25 и УК-120000, составляла, соответственно, 45 кРад/час (0.45 кГр/час), 10 кРад/час (0.1 кГр/час) и 6.6 кРад/час (0.066 кГр/час).

эксперименты Проведенные на установке Комплекса Гамма Стерилизации (Multipurpose Panorama Gamma Irradiator -Servo Type) Национального Центра Ядерных Исследований показали, что для увеличения хранения предотврашения срока И прорастания картофеля и лука, вырашенных в условиях субтропических районов страны, требуется их облучение дозой 0.5-1.0 кГр, кратного увеличения ДЛЯ 2-3 сроков хранения остальных видов овощей требуется облучение дозами не более 0.5 кГр.

References

- 1. Seifers D.L., Martin T.J., Harvey T.L. et al. Identification of variants of the high plains virus infecting wheat in Kansas. *Plant Disease*. 2009, vol. 12, pp. 1265-1274.
- 2. Shah H.U., Slimpson T.J., Alam S., Khattak K.F. Mould Incidence and Mycotoxin contamination in maize kernels from Swat Valley, North West Frontier Province of Pakistan. *Food and Chemical Toxicology*. 2010, vol. 48, no. 4, pp. 1111-1116.
- 3. Seifert K.A. Progress towards DNA barcoding of fungi. Molecular Ecology Resources. 2009, vol. 9, no. 1, pp. 83-89.
- 4. Beck Jeffrey A. Process variation in elektron beam sterilization. *Radiat. Phys. and Chem.* 2012, vol. 81, no. 8, pp. 1236-1240.
- 5. Vorogushin M.F, Gavrish Yu.N., Demsky M.I. and other State of development of linear electron accelerators for cold sterilization. Question Atom. Science and Tech. Series.: Electrophys. Equipment. 2005, vol. 128, no. 3, pp. 55-60. (In Russian).

- 6. Miller R.B. Food irradiation using (bremsstrahlung) X-rays. *Radiat. Phys. and Chem.* 2003, vol. 68, no. 6, pp. 96.
- 7. Sommers C.H., Sites J.E., Musgrove M. Ultraviolet light (254 nm) inactivation of pathogens on foods and stanless steel surfaces. *Journal of Food Safety*. 2010, vol. 30, no. 2, pp. 470-479.
- 8. Mamedov Kh.F. Radiolytic conversion of natural toxins in contaminated plant products and aqueous solutions. *Sci. J. "Science Rise"*. 2014, no.4/2(4), pp. 116-121.
- Mamedov Kh. F. Effective processes of decomposition of xenobiotics and natural toxins. Radiolytic and photolytic decomposition of xenobiotics and mycotoxins: monography. LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrucken, Germany. 2014, 419 p.
- 10. Pikaev A.K. Modern radiation chemistry. Radiolysis of gases and liquids. Moscow: Nauka Publ., 1986, vol. 2, 440 c.

RESEARCH INTO THE INFLUENCE OF IONIZING RADIATION ON STORAGE OF VEGETABLES

¹Kh.F. Mammadov, ²Z.Z. Khalilov, ¹S.M. Aliyev, ¹H.N. Shiraliyeva, ¹U.S. Aliyeva-Jabbarly, ¹E.I. Mehtiyev, ²J.Kh. Osmanov

¹Institute of Radiation Problems
Azerbaijan National Academy of Sciences,
H.Javid ave., 121 AZ 1143, Baku

²Gamma Sterilization Complex of National Nuclear Research Center
Qobu area, Absheron district, AZ 1100, Baku
Tel: (+99412) 538-47-58,
e-mail:xagani06@mail.ru

The effect of ionizing radiation on the organoleptic properties and shelf life of some vegetables (potatoes, onions, carrots and beets, tomatoes and sweet peppers) has been studied. Samples of vegetables were packed in special polymer dishes, and for the purpose of dosimetry, 3 ampoules containing 5 ml of purified benzene were placed next to the samples in each dish. Also, vegetable samples and ampoules were irradiated with doses of 0.5 kGy, 1.0 kGy, 3.0 kGy and 5.0 kGy of ionizing gamma radiation from ⁶⁰Co sources of the sterilization installation on May 19, 2021. The surface and organoleptic properties of irradiated samples of vegetables placed in a dry, ventilated room, were periodically explored. After a while, deterioration of the organoleptic properties of some samples was recorded, and these samples with spoiled consumer properties were selected and removed from the room. The quantity of potatoes and onions with spoiled consumer properties from May 18, 2021 to August 15, 2021 among unirradiated samples and irradiated with absorbed doses of 3.0 and 5.0 kGy was approximately 30-40%. However, in contrast to the irradiated samples, a gradual germination of non-irradiated, unspoiled samples of potatoes and onion (kept under the same conditions as the irradiated samples) was observed in the reviewed period. Until August 15, 2021, no changes in the appearance and organoleptic properties of potato and onion samples irradiated with doses of 0.5 and 1.0 kGy were detected. It found that to prevent germination and to increase the shelf life of potatoes and onions, their irradiation with doses of 0.5 and 1.0 kGy was required; for a 2-3 fold rise in the shelf life of other types of vegetables, irradiation with absorbed doses of no more than 0.5 kGy is required. **Keywords:** ionizing radiation, dosimetry, storage, potatoes, onions.

İONLAŞDIRICI RADİASIYANIN TƏRƏVƏZLƏRİN SAXLANMASINA TƏSİRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

¹X.F. Məmmədov, ²Z.Z. Xəlilov, ¹S.M. Əliyev, ¹H.N. Şirəliyeva, ¹Ü.S. Əliyeva-Cabbarlı, ¹E.I. Mehtiyev, ²C.X. Osmanov

¹AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutu, Az 1143, Bakı, H.Cavid prospekti, 121 ² Milli Nüvə Tədqiqatları Mərkəzi Qamma Sterilizasiya Kompleksi Az 1100, Bakı, Abşeron rayonu, Qobu qəsəbəsi Tel: (+99412) 538-47-58, e-mail:xagani06@mail.ru

İonlaşdırıcı şüalanmanın bəzi tərəvəzlərin (kartof, soğan, yerkökü və çuğundur, pomidor və şirin bibər) orqanoleptik xüsusiyyətlərinə və saxlama müddətinə təsiri öyrənilmişdir. Tərəvəz nümunələri xüsusi polimer qablarda qablaşdırılmış və dozimetriya məqsədi ilə hər qabdakı nümunələrin yanına içərisində 5 ml təmizlənmiş benzol olan 3 şüşə ampula qoyulmuşdur. Tərəvəz nümunələri və ampulalar 19 may 2021-ci il tarixdə sterilizasiya qurğusunun ⁶⁰Co mənbələrinin ionlaşdırıcı qamma şüaları ilə 0.5 kGy, 1.0 kGy, 3.0 kGy və 5.0 kGy udulan dozalarla şüalandırılmışdır. Periodik olaraq, quru, havalandırılan otaqda yerləşdirilən şüalandırılmış tərəvəz nümunələrinin xarici görünüşü və orqanoleptik xüsusiyyətləri öyrənilmişdir. Vaxt keçdikcə bəzi nümunələrin organoleptik xüsusiyyətlərinin pisləşməsi qeydə alındı və korlanmış istehlak xüsusiyyətləri olan bu nümunələr seçilərək otaqdan çıxarıldı. Şüalandırılmamış və 3.0 və 5.0 kGy udulmuş dozalarla şüalandırılmış nümunələr arasında 18.05.2021-ci il tarixdən 15.08.2021-ci il tarixinədək korlanmış istehlak xüsusiyyətlərinə malik kartof və soğanların miqdarı təxminən 30-40% təşkil edirdi. Lakin, şüalandırılmış nümunələrdən fərqli olaraq eyni şəraitdə saxlanılan korlanmamış istehlak xüsusiyyətlərinə malik şüalandırılmamış kartof və soğan nümunələrinin tədricən cücərmələri müşahidə edilmişdir. 15 avqust 2021-ci ilədək 0.5 və 1.0 kGy dozalarla süalandırılmış kartof və soğan nümunələrinin xarici görünüşlərində və orqanoleptik xüsusiyyətlərində heç bir dəyişiklik aşkar olunmadı. Beləliklə, kartof və soğanın cücərməməsi və saxlanma ömrünü artırmaq üçün onların 0.5 və 1.0 kGy udulan dozalarla şüalandırılması, digər tərəvəz növlərinin saxlanma ömrünü 2-3 dəfə artırmaq üçün 0.5 kGy udulan dozayadək şüalandırılması kifayət edir.

Açar sözlər: ionlaşdırıcı şüalanma, dozimetriya, saxlama, kartof, soğan.