

Наталья Игоревна Федянина

Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, аспирант, старший научный сотрудник лаборатории технологии консервирования, Видное, Московская область, Россия
E-mail: shatalova@vniitek.ru

Ольга Вячеславовна Карастоянова

Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, старший научный сотрудник лаборатории технологии консервирования, Видное, Московская область, Россия
E-mail: okarastoyanova@mail.ru

Надежда Вячеславовна Коровкина

Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, младший научный сотрудник лаборатории технологии консервирования, Видное, Московская область, Россия
E-mail: corowkinanadya@yandex.ru

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ХРАНИМОСПОСОБНОСТИ ШАМПИНЬОНОВ
ПО ПОКАЗАТЕЛЮ «ТЕКСТУРА» ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ УФ-ИЗЛУЧЕНИЕМ В ДИАПАЗОНАХ А И С**

*Целью представленных исследований являлось проведение сравнительной оценки хранимостопособности по показателю «текстура» шампиньонов вида *Agaricus bisporus* после обработки ультрафиолетовым излучением в диапазонах А и С в процессе холодильного хранения. Для реализации поставленной цели было предусмотрено решение следующих задач: упаковка грибов и обработка их УФ-излучением на экспериментальной установке ВНИИТеК в диапазонах А и С (с плотностью потока мощности $2,7 \cdot 10^3$ и $6,90 \cdot 10^3$ Дж/с·м² соответственно) дозами 160, 320, 480, 640, 800 Дж/м² с последующим холодильным хранением при температуре 4 ± 2 °С и относительной влажности воздуха 90–95 %; разработка математических зависимостей отклика по показателю «текстура» на проведенную обработку; определение оптимальных режимов ультрафиолетового облучения, способствующих значимому увеличению хранимостопособности по показателю «текстура»; сравнительная оценка влияния вида УФ-излучения на динамику целевого показателя. Оптимальными режимами обработки шампиньонов ультрафиолетовым излучением, которые позволяют повысить хранимостопособность по показателю «текстура» более чем на 30 %, в диапазоне С являются дозы от 477 до 684 Дж/м², в диапазоне А – от 556 до 800 Дж/м². При этом экстремум достигается для диапазона С при обработке дозой 684 Дж/м², для диапазона А – 800 Дж/м². Таким образом, проведенные исследования показали, что наиболее эффективной является обработка шампиньонов УФ-излучением в диапазоне С, которая привела к увеличению хранимостопособности в 2,21 раза, тогда как УФ-обработка в диапазоне А – в 1,4 раза относительно контроля.*

Ключевые слова: *УФ-излучение в диапазоне А и С, *Agaricus bisporus*, сравнительная оценка, текстура, хранимостопособность, режимы обработки, доза излучения, математическая зависимость.*

Natalia I. Fedyanina

All-Russian Scientific Research Institute of Canning Technology – a branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbатов Russian Academy of Sciences, Postgraduate student, Senior Researcher, Laboratory of Canning Technology, Vidnoe, Moscow Region, Russia
E-mail: shatalova@vniitek.ru

Olga V. Karastoyanova

All-Russian Scientific Research Institute of Canning Technology – a branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbатов RAS, Senior Researcher, Laboratory of Canning Technology, Vidnoe, Moscow Region, Russia

E-mail: okarastoyanova@mail.ru

Nadezhda V. Korovkina

All-Russian Scientific Research Institute of Canning Technology – a branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbатов Russian Academy of Sciences, Junior Researcher, Laboratory of Canning Technology, Vidnoe, Moscow Region, Russia

E-mail: corowkinanadya@yandex.ru

CHAMPIGNONS STABILITY COMPARATIVE EVALUATION BY THE "TEXTURE" INDICATOR AFTER PROCESSING WITH UV RADIATION IN THE RANGE A AND C

*The purpose of the presented studies was: to carry out a comparative assessment of the storage capacity in terms of the "texture" of *Agaricus bisporus* champignons after treatment with ultraviolet radiation in the A and C ranges during refrigerated storage. To achieve this goal, it was envisaged to solve the following tasks: packing mushrooms and processing them with UV radiation at the VNIITEK experimental setup in the A and C ranges (with a power flux density of $2.7 \cdot 10^3$ and $6.90 \cdot 10^3$ J/s \cdot m², respectively) with doses 160, 320, 480, 640, 800 J/m² with subsequent refrigerated storage at a temperature of 4 ± 2 °C and a relative humidity of 90–95 %; development of mathematical dependences of the response in terms of the "texture" indicator for the processing; determination of optimal modes of ultraviolet irradiation, contributing to a significant increase in storage capacity in terms of "texture"; comparative assessment of the influence of the type of UV radiation on the dynamics of the target indicator. The optimal modes of treatment of champignons with ultraviolet radiation, which make it possible to increase the storage capacity in terms of texture by more than 30 %, in the C range are doses from 477 to 684 J/m², in the A range from 556 to 800 J/m². At the same time, the extremum is reached for the C range with treatment with a dose of 684 J/m², for the A range – 800 J/m². Thus, the studies have shown that the most effective treatment of champignons with UV radiation in the C range, which led to an increase in storage capacity in 2.21 times, while UV treatment in the A range is 1.4 times relative to the control.*

Key words: UV radiation in the range A and C, *Agaricus bisporus*, comparative assessment, texture, storage capacity, treatment modes, radiation dose, mathematical dependence.

Введение. Высокая питательная ценность, сенсорные свойства и доступная агротехника являются основными причинами высокой популярности грибов вида *Agaricus bisporus* среди их производителей [1, 2]. Вместе с тем сохранение исходного качества грибов после сбора является насущной проблемой из-за увеличения активности дыхания сразу после съема, высокого содержания влаги и особенностей в строении кутикулярного слоя, который не обеспечивает достаточного барьера от действия микопатогенной микрофлоры, механических воздействий и транспирации [3, 4]. В этой связи подбор рациональных способов обработки и режимов хранения грибов может обеспечить поддержание качественных показателей на исходном уровне и свести к минимуму потери питательных веществ.

В процессе хранения происходит изменение цвета, запаха, консистенции и т.д., которые яв-

ляются наиболее значимыми показателями качества, оказывающими влияние на товарный вид и предпочтение потребителей [5–7].

Показатель «текстура» является одним из важнейших атрибутов качества грибов для удовлетворения требований потребителей [6, 8]. В процессе хранения происходит размягчение грибов, которое обусловлено ферментативной активностью, потерей влаги, качественных и количественных изменений содержания сухих веществ [4, 6].

В научных публикациях были описаны результаты применения различных способов обработки грибов в целях пролонгирования сроков предреализационного хранения, таких как:

– химическая обработка (лимонная кислота, перекись водорода, гипохлорид натрия и др.) [9, 10];

– физические методы обработки (γ - и УФ-излучение, ускоренные электроны, импульсный свет, ультразвук и др.) [5, 11–15];

– съедобные покрытия (трагакантовая камедь, хитозан, эфирные масла и др.) [1, 16–17].

Обработка ультрафиолетовым излучением нашла свое применение в пищевой промышленности и других отраслях [18]. Принципы этой технологии основаны на поверхностном обеззараживании, избирательном воздействии на функциональные, сенсорные, физико-химические свойства и микробиологическую обсемененность обрабатываемой продукции.

Результат эффекта ультрафиолетового воздействия находится в прямой зависимости от параметров обработки (длины волны, мощности излучения и продолжительности облучения).

Цель исследований. Проведение сравнительной оценки хранимоспособности по качественному показателю «текстура» шампиньонов после обработки УФ-излучением в диапазонах А и С в процессе холодильного хранения.

Задачи исследований: упаковка грибов и обработка их УФ-излучением с заданными параметрами с последующим холодильным хранением; разработка математических зависимостей отклика качественного показателя «текстура» на проведенную обработку; определение оптимальных режимов, способствующих значимому увеличению хранимоспособности по целевому показателю; сравнительная оценка влияния вида УФ-излучения на динамику текстуры шампиньонов.

Объекты и методы исследований. Для экспериментальных исследований были получены свежие шампиньоны вида *Agaricus bisporus* (производитель «Дон Шампиньон», Рязанская область), которые после съема были тщательно отобраны по однородной форме и размеру (средний диаметр шляпки 35–50 мм).

В качестве упаковки использовали полипропиленовые лотки (размером 187×137×50 мм), помещенные в пакеты из ВОРР-пленки (биаксиально-ориентированный полипропилен) толщиной 40 мкм с кислородопроницаемостью 1325 см³/м²·24 ч·бар (23 °С), паропроницаемостью 3,3 г/м²/24 ч·бар (38 °С, отн. вл. 90 %).

Обработку упакованных грибов осуществляли на экспериментальной установке ВНИИТеК УФ-излучением в диапазоне А и С с двух сторон так, чтобы исключить области затемнения и

обеспечить равномерность плотности потока мощности [19].

Обработку грибов осуществляли дозами 160, 320, 480, 640, 800 Дж/м² при плотности потока мощности:

– в диапазоне А 6,9·10³ Дж/(с·м²);

– в диапазоне С 2,7·10³ Дж/(с·м²).

Лотки с грибами, прошедшими обработку при описанных ранее режимах, закладывали на хранение при строго регламентированных условиях: температура 4±2 °С, относительная влажность воздуха 90–95 %.

Образцы анализировали на 1-, 3-, 8-, 13-, 16-, 21-, 24- и 27-е сутки после облучения по показателю «текстура» в целях последующей оценки их хранимоспособности.

Показания текстуры грибов определяли при помощи цифрового пенетрометра для плодов FR-5120 (Taiwan) путем измерения максимального пика усилия (в кг/см²), которое необходимо приложить для проникновения цилиндрического зонда диаметром 3 мм на глубину 22 мм в центре шляпки шампиньонов.

Каждое определение проводили в трехкратной повторности с параллельным отсеиванием статистически недостоверных результатов для обеспечения минимальной статистической погрешности.

Математический анализ данных проводили в соответствии с последовательностью, описанной в [19].

Результаты исследований и их обсуждение. Для каждой дозы ультрафиолетового излучения в диапазоне А в ходе аппроксимации экспериментальных данных были получены математические описания динамики целевого показателя в зависимости от продолжительности хранения грибов. Далее, с целью установления максимальной продолжительности хранения грибов, сравнивали полученные зависимости динамик текстуры. Пороговое значение показателя принимали равным таковому на момент окончания срока годности, соответствующего 16 суткам хранения для варианта без обработки, – 15,77 кг/см². Затем для каждой ненулевой дозы облучения рассчитывали продолжительность хранения, при которой достигается пороговое значение. Во внимание необходимо принять тот факт, что последующее хранение грибов приводит к изменению текстуры в отрицательную сторону в сравнении с подобной динамикой контрольных образцов (рис. 1).

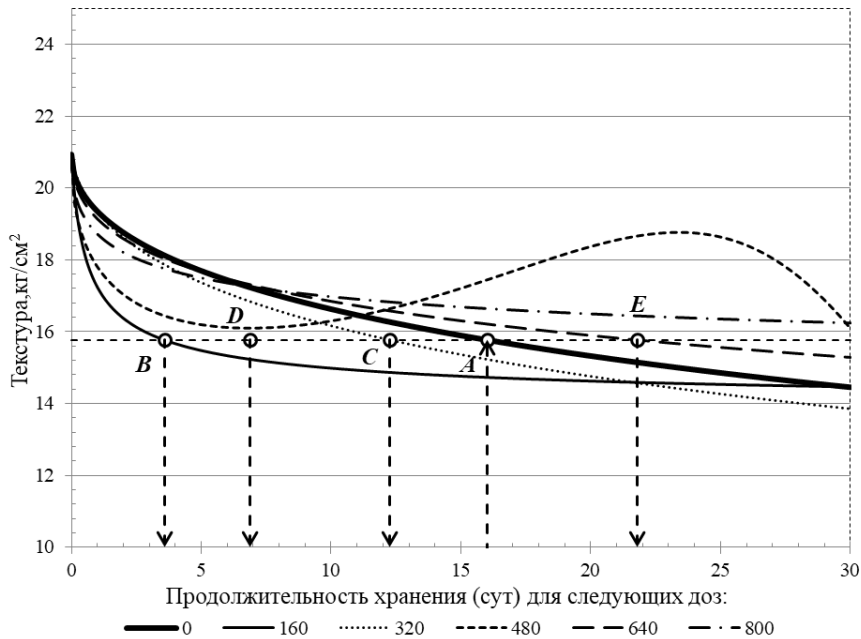


Рис. 1. Динамика текстуры в процессе холодильного хранения шампиньонов после УФ-облучения в диапазоне А

Принимаем, что функция обобщенного предела хранимостепности при вариации доз облучения от 0 до 800 Дж/м² тождественно равна функции предельной хранимостепности по целевому показателю.

По итогу аппроксимирования полученного множества данных было определено математи-

ческое описание изменения хранимостепности шампиньонов по целевому показателю в зависимости от дозы облучения. Расчетное эффективное множество режимов ультрафиолетовой обработки представлено на рисунке 2.

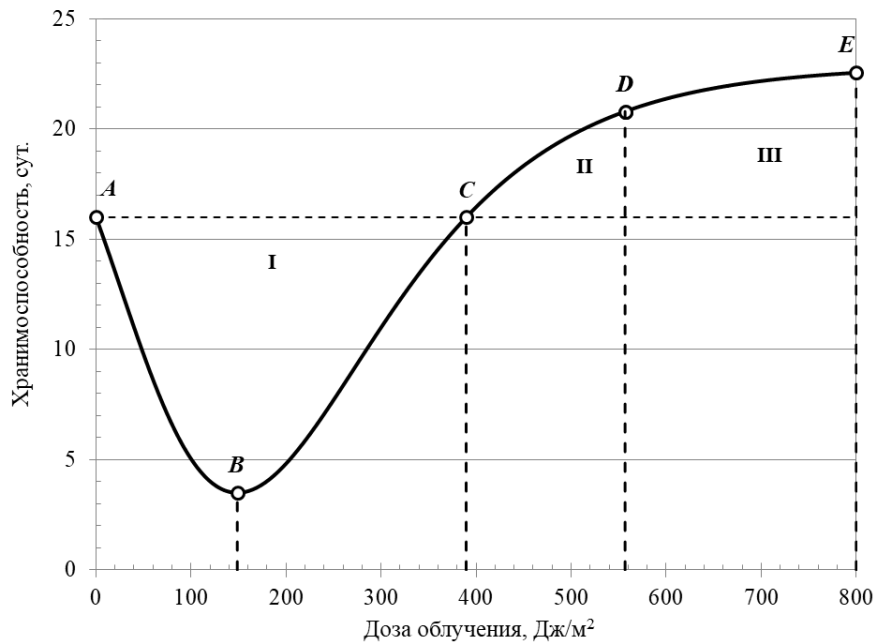


Рис. 2. Зависимость предельной хранимостепности по показателю «текстура» шампиньонов от дозы облучения в диапазоне А

Исходя из установленной зависимости, увеличение дозы облучения до 148 Дж/м² приводит к монотонному снижению хранимостепности, достигая своего минимального значения в точке В, что составляет около 21 % относительно необлученного контроля. Последующее увеличение дозы УФ-обработки до 389 Дж/м² приводит к повышению хранимостепности на уровне контроля, следовательно, обработка дозами менее 389 Дж/м² является нецелесообразной. Дальнейшее увеличение дозы УФ-облучения в диапазоне А приводит к действию подобного эффекта с противоположной направленностью динамики. Таким образом, обработка в диапазоне доз от 557 до 800 Дж/м² приводит к эффективному увеличению хранимостепности бо-

лее чем на 30 % и достигает своего экстремума в точке Е, соответствующей дозе 800 Дж/м² и составляющей около 41 % относительно необработанного контроля.

Также были определены динамики хранимостепности грибов по показателю «текстура» после обработки ультрафиолетовым излучением в диапазоне С. Результаты данных исследований ранее были подробно описаны нами в работе [19]. Исходя из полученных результатов, представляется возможным провести сравнительную оценку влияния воздействия УФ-излучения в диапазонах А и С на хранимостепность шампиньонов по показателю «текстура» (рис. 3).

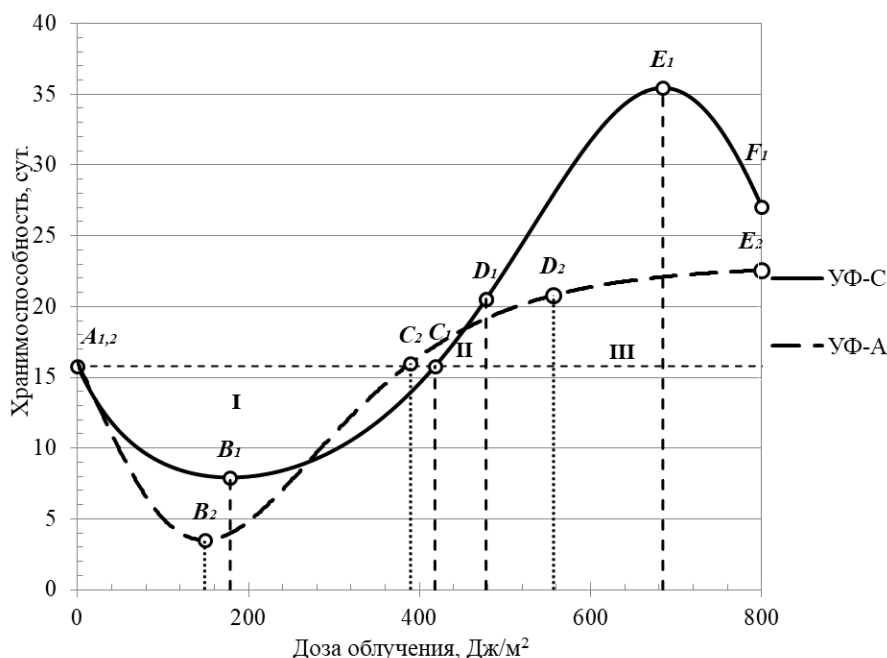


Рис. 3. Обобщенная зависимость предельной хранимостепности по показателю «текстура» шампиньонов от дозы облучения в диапазонах А и С

В соответствии с построенными зависимостями прослеживаются идентичные тенденции динамик хранимостепности шампиньонов после облучения УФ-излучением в диапазонах А и С, где малые дозы до 389 и 418 Дж/м² соответственно приводят к ее уменьшению, достигая минимума в точке В (при обработке дозами 178 и 148 Дж/м²). Последующее увеличение дозы облучения оказывает положительное воздействие на грибы, что приводит к увеличению их хранимостепности.

Выводы. Разработаны математические зависимости отклика качественных показателей грибов вида *Agaricus bisporus* на обработку ультрафиолетовым излучением в диапазоне С (с длиной волны 100–280 нм) и плотностью потока мощности $2,7 \cdot 10^3$ Дж/(с·м²) и А (с длиной волны 400–315 нм) и плотностью потока мощности $6,90 \cdot 10^3$ Дж/(с·м²) с последующим холодильным хранением при температуре 4 ± 2 °С.

Определены оптимальные режимы обработки шампиньонов ультрафиолетовым излучением

ем в диапазоне С дозами от 477 до 684 Дж/м² и в диапазоне А дозами от 556 до 800 Дж/м², которые позволяют увеличить хранимоспособность по показателю «текстура» более чем на 30 %.

Максимальный прирост хранимоспособности при обработке грибов УФ-излучением в диапазоне С наблюдается при облучении дозой 684 Дж/м², что 2,21 раза больше необработанного контроля, тогда как обработка УФ-излучением в диапазоне А излучением дозой 800 Дж/м² увеличивает хранимоспособность в 1,4 раза. Таким образом, обработка шампиньонов УФ-излучением в диапазоне С является наиболее эффективной в целях сохранения текстуры на протяжении всего периода холодильного хранения.

Список источников

- Nasiri M., Barzegar M., Sahari M.A., Niakou-sari M. Tragacanth gum containing *Zataria multiflora* Boiss. essential oil as a natural preservative for storage of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) // Food Hydrocolloids. 2017. Vol. 72. P. 202–209. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2017.05.045.
- Royse D.J. A global perspective on the high five: *Agaricus*, *Pleurotus*, *Lentinula*, *Auricularia* and *Flammulina* // Proceedings of the 8th Intern. Conf. on Mushroom Biology and Mushroom Products. New Delhi, 19-22 Nov. 2014. Vol. 1. P. 1–6.
- Rzymiski P., Mleczek M., Niedzielski P., Siwulskid M., Asecka M. G. Cultivation of *Agaricus bisporus* enriched with selenium, zinc and copper // Science of Food and Agriculture. 2017. Vol. 97 (3). P. 923–928. DOI: 10.1002/jsfa.7816.
- Gholami R., Ahmadi E., Farris S. Shelf life extension of white mushrooms (*Agaricus bisporus*) by low temperatures conditioning, modified atmosphere, and nanocomposite packaging material // Food Packaging and Shelf Life. 2017. Vol. 14. P. 88–95. DOI: 10.1016/j.foodpsl.2017.09.001.
- Zhang K., Pu Y.-Y., Sun D.-W. Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (*Agaricus bisporus*): A review // Trends in Food Science Technology. 2018. Vol.78. P. 72–82. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.05.012.
- Gormley T.R. Texture studies on mushrooms // International Journal of Food Science and Technology. 2007. Vol. 4 (2). P. 161–169. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1969.tb01510.x.
- Salamat R., Ghassemzadeh H.R., Ranjbar F., Jalali A., Mahajan P., Herppich W. B., Mellmann J. The effect of additional packaging barrier, air moment and cooling rate on quality parameters of button mushroom (*Agaricus bisporus*) // Food Packaging and Shelf Life. 2020. Vol. 23. P. 1–8. DOI: 10.1016/j.foodpsl.2019.100448.
- Khan Z.U., Aisikaer G., Khan R.U., Bu J., Jiang Z., Ni Z., Ying T. Effects of composite chemical pretreatment on maintaining quality in button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. Postharvest Biology and Technology. 2014. Vol. 95, P. 36–41. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2014.04.001.
- Miklus M.B., Beelman R.B. CaCl₂ Treated Irrigation Water Applied to Mushroom Crops (*Agaricus bisporus*) Increases Ca Concentration and Impro // Mycologia. 1996. Vol. 88(3), 403 p. DOI: 10.2307/3760881.
- Simón A., González-Fandos E., Vázquez M. Effect of washing with citric acid and packaging in modified atmosphere on the sensory and microbiological quality of sliced mushrooms (*Agaricus bisporus* L.) // Food Control. 2010. Vol. 21(6). P. 851–856. DOI: 10.1016/j.foodcont.2009.11.012.
- Fernandes Á., Antonio A.L., Oliveira M.B.P.P., Martins A., Ferreira I. C.F.R. Effect of gamma and electron beam irradiation on the physico-chemical and nutritional properties of mushrooms: A review // Food Chemistry. 2012. Vol. 135 (2). P. 641–650. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.04.136.
- Lagnika C., Zhang M., Mothibe K. J. Effects of ultrasound and high pressure argon on physico-chemical properties of white mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage // Postharvest Biology and Technology. 2013 Vol. 82. P. 87–94. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2013.03.006.
- Федянина Н.И., Карастоянова О.В., Коровкина Н.В. и др. Влияние обработки ускоренными электронами на изменение текстуры свежих шампиньонов в процессе холодильного хранения // Вестник МГТУ.

2020. Т. 23, № 3. С. 291–301. DOI: 10.21443/1560-9278-2020-23-3-291-301.
14. Dellarosa N., Frontuto D., Laghi L., Dalla Rosa M., Lyng J. G. The impact of pulsed electric fields and ultrasound on water distribution and loss in mushrooms stalks // Food Chemistry. 2017. Vol. 236. P. 94–100. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.01.105.
 15. Fernandes A., Barreira J.C.M., Günaydi T., Alkan H., Antonio A.L., Oliveira M.B.P.P., Martins A., Ferreira I.C.F.R. Effect of gamma irradiation and extended storage on selected chemical constituents and antioxidant activities of sliced mushroom // Food Control. 2017. Vol. 72. P. 328–337. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.04.044.
 16. Huang Q., Qian X., Jiang T., Zheng X. Effect of chitosan and guar gum based composite edible coating on quality of mushroom (*Lentinus edodes*) during postharvest storage // Scientia Horticulturae. 2019. Vol. 253. P. 382–389. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.04.062.
 17. Nasiri M., Barzegar M., Sahari M.A., Niakousari M. Efficiency of Tragacanth gum coating enriched with two different essential oils for deceleration of enzymatic browning and senescence of button mushroom (*Agaricus bisporus*) // Food Science and Nutrition. 2019. P. 1–9. DOI: 10.1002/fsn3.1000.
 18. Li X., Cai M., Wang L., Niu F., Yang D., & Zhang G. Evaluation survey of microbial disinfection methods in UV-LED water treatment systems // Science of The Total Environment. 2019. Vol. 659. P. 1415–1427. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.344.
 19. Кондратенко В.В., Федянина Н.И., Карастоянова О.В. Изменение текстуры свежих грибов в процессе холодильного хранения после обработки ультрафиолетовым излучением // Известия Высших учебных заведений. Пищевая технология. 2020. № 5-6 (377-378). С. 89–93.
 20. 2017. Vol. 72. P. 202–209. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2017.05.045.
 2. Royse D.J. A global perspective on the high five: *Agaricus*, *Pleurotus*, *Lentinula*, *Auricularia* and *Flammulina* // Proceedings of the 8th Intern. Conf. on Mushroom Biology and Mushroom Products. New Delhi, 19–22 Nov. 2014. Vol. 1. P. 1–6.
 3. Rzymiski P., Mleczek M., Niedzielski P., Siwulskid M., Asecka M. G. Cultivation of *Agaricus bisporus* enriched with selenium, zinc and copper // Science of Food and Agriculture. 2017. Vol. 97 (3). P. 923–928. DOI: 10.1002/jsfa.7816.
 4. Gholami R., Ahmadi E., Farris S. Shelf life extension of white mushrooms (*Agaricus bisporus*) by low temperatures conditioning, modified atmosphere, and nanocomposite packaging material // Food Packaging and Shelf Life. 2017. Vol. 14. P. 88–95. DOI: 10.1016/j.fpsl.2017.09.001.
 5. Zhang K., Pu Y.-Y., Sun D.-W. Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (*Agaricus bisporus*): A review // Trends in Food Science Technology. 2018. Vol.78. P. 72–82. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.05.012.
 6. Gormley T.R. Texture studies on mushrooms // International Journal of Food Science and Technology. 2007. Vol. 4 (2). P. 161–169. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1969.tb01510.x.
 7. Salamat R., Ghassemzadeh H.R., Ranjbar F., Jalali A., Mahajan P., Herppich W. B., Mellmann J. The effect of additional packaging barrier, air moment and cooling rate on quality parameters of button mushroom (*Agaricus bisporus*) // Food Packaging and Shelf Life. 2020. Vol. 23. P. 1–8. DOI: 10.1016/j.fpsl.2019.100448.
 8. Khan Z.U., Aisikaer G., Khan R.U., Bu J., Jiang Z., Ni Z., Ying T. Effects of composite chemical pretreatment on maintaining quality in button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. Postharvest Biology and Technology. 2014. Vol. 95, P. 36–41. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2014.04.001.
 9. Miklus M.B., Beelman R.B. CaCl₂ Treated Irrigation Water Applied to Mushroom Crops (*Agaricus bisporus*) Increases Ca Concentra-

References

1. Nasiri M., Barzegar M., Sahari M.A., Niakousari M. Tragacanth gum containing *Zataria multiflora* Boiss. essential oil as a natural preservative for storage of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) // Food Hydrocolloids.

- tion and Impro // *Mycologia*. 1996. Vol. 88(3), 403 p. DOI: 10.2307/3760881.
10. Simón A., González-Fandos E., Vázquez M. Effect of washing with citric acid and packaging in modified atmosphere on the sensory and microbiological quality of sliced mushrooms (*Agaricus bisporus* L.) // *Food Control*. 2010. Vol. 21(6). P. 851–856. DOI: 10.1016/j.foodcont.2009.11.012.
 11. Fernandes Â., Antonio A.L., Oliveira M.B.P.P., Martins A., Ferreira I. C.F.R. Effect of gamma and electron beam irradiation on the physico-chemical and nutritional properties of mushrooms: A review // *Food Chemistry*. 2012. Vol. 135 (2). P. 641–650. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.04.136.
 12. Lagnika C., Zhang M., Mothibe K. J. Effects of ultrasound and high pressure argon on physico-chemical properties of white mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage // *Postharvest Biology and Technology*. 2013 Vol. 82. P. 87–94. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2013.03.006.
 13. Fedyanina N.I., Karastoyanova O.V., Korovkina N.V. i dr. Vliyanie obrabotki uskorennyimi `elektronami na izmenenie tekstury svezhih shampin'onov v processe holodil'nogo hraneniya // *Vestnik MGTU*. 2020. T. 23, № 3. S. 291–301. DOI: 10.21443/1560-9278-2020-23-3-291-301 291.
 14. Dellarosa N., Frontuto D., Laghi L., Dalla Rosa M., Lyng J. G. The impact of pulsed electric fields and ultrasound on water distribution and loss in mushrooms stalks // *Food Chemistry*. 2017. Vol. 236. P. 94–100. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.01.105.
 15. Fernandes A., Barreira J.C.M., Günaydi T., Alkan H., Antonio A.L., Oliveira M.B.P.P., Martins A., Ferreira I.C.F.R. Effect of gamma irradiation and extended storage on selected chemical constituents and antioxidant activities of sliced mushroom // *Food Control*. 2017. Vol. 72. P. 328–337. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.04.044.
 16. Huang Q., Qian X., Jiang T., Zheng X. Effect of chitosan and guar gum based composite edible coating on quality of mushroom (*Lentinus edodes*) during postharvest storage // *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 253. P. 382–389. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.04.062.
 17. Nasiri M., Barzegar M., Sahari M.A., Niakousari M. Efficiency of Tragacanth gum coating enriched with two different essential oils for deceleration of enzymatic browning and senescence of button mushroom (*Agaricus bisporus*) // *Food Science and Nutrition*. 2019. P. 1–9. DOI: 10.1002/fsn3.1000.
 18. Li X., Cai M., Wang L., Niu F., Yang D., & Zhang G. Evaluation survey of microbial disinfection methods in UV-LED water treatment systems // *Science of The Total Environment*. 2019. Vol. 659. P. 1415–1427. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.344.
 19. Kondratenko V.V., Fedyanina N.I., Karastoyanova O.V. Izmenenie tekstury svezhih gribov v processe holodil'nogo hraneniya posle obrabotki ul'trafioletovym izlucheniem // *Izvestiya Vysshih uchebnyh zavedenij. Pischevaya tehnologiya*. 2020. № 5-6 (377-378). С. 89–93.

