

Применение комплексной радиационно-холодильной технологии для антисептирования и сохранения качества шампиньонов

Наталья С. Шишкина	¹	vnikopholod@mail.ru	 0000-0001-5218-2430
Ольга В. Карастоянова	¹	okarastoyanova@mail.ru	 0000-0001-7247-7519
Наталья И. Федянина	¹	shatalova@vniitek.ru	 0000-0002-1665-5445
Надежда В. Коровкина	¹	corowkinanadya@ya.ru	 0000-0002-4108-5835

¹ ВНИИ технологии консервирования – филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН ул. Школьная, 78, г. Видное, Московская область, 142703, Россия

Аннотация. Применение эффективных физических методов обработки для сохранения пищевой и сельскохозяйственной продукции с каждым годом набирает все большую популярность. В данной статье представлена комплексная технология, включающая обработку ускоренными электронами дозами 1–3 кГр при энергии пучка 5 МэВ. Исследована эффективность применения обработки ускоренными электронами и модифицирования состава газовой среды для оптимизации технологии холодильного хранения грибов шампиньонов. Установлены параметры технологии, обеспечивающие микробиологическую безопасность и сохранение потребительских качеств грибов в условиях производства. Обработка ускоренными электронами дозами 1–3 кГр в комплексе с охлаждением и модифицированием состава газовой среды способствует задержке прохождения процессов послеуборочного созревания и приводит к увеличению продолжительности хранения грибов до 20 суток (контроль 10–14 суток). Модифицирование состава газовой среды обеспечивалось за счет избирательной газопроницаемости применяемого упаковочного материала (полипропилен, полиэтилен, биаксиально-ориентированный полипропилен) и дыхания сырья. В зависимости от целевого назначения продукции - реализации в свежем виде или дальнейшей переработки (сушка, заморозка и др.), рассматриваемая технология за счет дифференцированного выбора технологических параметров хранения и обработки позволяет направленно регулировать изменения органолептических, физико-химических и микробиологических показателей качества грибов. Упаковки из биаксиально-ориентированного полипропилена и полипропилена следует использовать для грибов с целью переработки, за счет наилучшего сохранения структуры растительной ткани, в результате замедления процессов созревания и отдаления сроков старения и порчи, для реализации грибов в свежем виде наиболее эффективно использование упаковок из полиэтилена.

Ключевые слова: облучение шампиньонов, ускоренные электроны, выбор упаковки, качество, безопасность

Application of complex radiation and refrigeration technology for antiseptic treatment and preservation of the quality of mushrooms

Natalia S. Shishkina	¹	vnikopholod@mail.ru	 0000-0001-5218-2430
Olga V. Karastoyanova	¹	okarastoyanova@mail.ru	 0000-0001-7247-7519
Natalya I. Fedyanina	¹	shatalova@vniitek.ru	 0000-0002-1665-5445
Nadezhda V. Korovkina	¹	corowkinanadya@ya.ru	 0000-0002-4108-5835

¹ Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, st. School, 78, Vidnoye, Moscow Region, 142703, Russia

Abstract. The use of effective physical processing methods to preserve food and agricultural products is gaining more and more popularity every year. This article presents a complex technology, including processing by accelerated electrons with doses of 1–3 kGy at a beam energy of 5 MeV. The efficiency of application of processing with accelerated electrons and modification of the composition of the gaseous medium for optimization of the technology of refrigerated storage of champignon mushrooms has been investigated. The technology parameters have been established to ensure microbiological safety and preservation of the consumer qualities of mushrooms under production conditions. The treatment with accelerated electrons at doses of 1–3 kGy in combination with cooling and modification of the composition of the gaseous medium delayed the postharvest maturation processes and led to an increase in the storage time of mushrooms up to 20 days (control 10–14 days). The modification of the composition of the gaseous medium was ensured by the selective gas permeability of the used packaging material (polypropylene, polyethylene, biaxially oriented polypropylene) and the respiration of the raw material. Depending on the intended purpose of the product - fresh sale or further processing (drying, freezing, etc.), the technology under consideration, due to the differentiated choice of technological parameters of storage and processing, allows to control changes in organoleptic, physicochemical and microbiological indicators of the quality of mushrooms in a targeted manner. Packaging made of biaxially oriented polypropylene and polypropylene should be used for mushrooms for processing, due to the best preservation of the structure of plant tissue, as a result of slowing down the ripening processes and delaying aging and spoilage, for the sale of fresh mushrooms, it is most effective to use polyethylene packaging.

Keywords: irradiation of champignons, accelerated electrons, packaging selection criteria, choice of packaging, quality, safety

Для цитирования

Шишкина Н.С., Карастоянова О.В., Федянина Н.И., Коровкина Н.В. Применение комплексной радиационно-холодильной технологии для антисептирования и сохранения качества шампиньонов // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 3. С. 58–64. doi:10.20914/2310-1202-2020-3-58-64

For citation

Shishkina N.S., Karastoyanova O.V., Fedyanina N.I., Korovkina N.V. Application of complex radiation and refrigeration technology for antiseptic treatment and preservation of the quality of mushrooms. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 3. pp. 58–64. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-3-58-64

Введение

Жизнеобеспечение человечества тесно связано с уровнем функционирования сельскохозяйственного производства и пищевой отрасли.

От определения путей реализации прогрессивных технологий производства и хранения пищевой продукции зависит существование как сегодняшнего населения мира, так и всех грядущих поколений.

Прогнозируемые долгосрочные экологические изменения: вариации климата, температурные аномалии, засухи, ливни, наводнения, ураганы и др., ведут к снижению урожайности культур, исчезновению ряда растений и животных (до 30–40%), к изменению состава газовой среды, снижению животноводческого производства и др. [1].

Существенные изменения ведут к глобальным мировым критическим ситуациям – загрязнение воздуха и воды, истощение земли, эпидемии заболеваний, пандемии и другим. Отмеченные кардинальные изменения, дополненные влиянием пандемии коронавируса текущего года, наглядно выявляют многие важные задачи для сохранения жизни человеческого сообщества на планете. Эти задачи многофункциональны, и все государства и каждый житель земли должен внести свой вклад в их реализацию. Так, сохранение пищевой и сельскохозяйственной продукции (в том числе растительной природы) в свежем или консервированном виде служит текущим и перспективным резервом населения мира сегодня и в будущем. Для осуществления поставленной задачи все большую популярность в агропромышленном комплексе приобретает применение эффективных физических методов обработки [2–6].

В мировой практике широко используется обработка пищевых продуктов ионизирующими излучениями в целях сохранения качественных показателей и повышения уровня микробиологической безопасности, продления сроков хранения, задержки процессов созревания и старения растительных тканей. Важным преимуществом ионизирующего излучения по сравнению с химической обработкой является его способность глубоко проникать в ткани обрабатываемого сырья, что позволяет контролировать загрязнение патогенными микроорганизмами как на поверхности, так и внутри сырья. Облучение также эффективно применяют для контроля вредителей при импорте и экспорте экзотических фруктов, овощей и другой растительной продукции [2–7].

Облучение является достаточно универсальным способом обработки сырья в потребительской или транспортной упаковке в сочетании с пониженными температурами при хранении.

Кодекс Алиментариус устанавливает, что источниками излучения для обработки пищевой продукции, в том числе фруктов, овощей и грибов могут быть использованы следующие виды ионизирующего излучения:

а) гамма-излучение от радионуклидов ^{60}Co или ^{137}Cs ;

б) рентгеновские лучи от искусственных источников с энергией меньшей или равной 5 МэВ;

в) поток ускоренных электронов от искусственного источника с энергией меньшей или равной 10 МэВ.

В результате фундаментальных и прикладных исследований в России и в других странах была установлена эффективность применения ионизирующих излучений в различных сферах: для предотвращения прорастания, сокращения потерь при хранении картофеля (ингибирование прорастания), фруктов, овощей и других различных пищевых продуктов для сокращения микробиологических потерь и др. Головные функции по координированию работ в области технологии радиационной обработки пищевых продуктов согласно приказу совета Министров СССР от 27 ноября 1956 года были поручены ВНИИКОП (ВНИИТеК) (Министерством пищевой промышленности СССР) при руководстве Комитета по науке и технике СССР.

Во ВНИИТеК был осуществлен большой комплекс работ по обоснованию и формированию технологии хранения фруктов и овощей с применением ионизирующих излучений [4, 5, 6].

Проведенными нами исследованиями изучена эффективность использования радиационной обработки для повышения микробиологической безопасности фруктов и овощей.

Экспериментально установлено, что при использовании обработки γ -лучами овощей при исходной обсемененности 10^1 – 10^3 КОЕ на 1 г количество жизнеспособных бактерий при облучении дозами 1–3 кГр сокращалось до 0,005–0,0004% от исходного содержания (морковь резаная, перец резаный и др.), а при более высоком уровне исходной обсемененности 10^7 – 10^8 КОЕ на 1 г остаточное количество жизнеспособных бактерий после 20 сут хранения сырья составляло: у моркови резаной 0,05%, у шпината 0,002%, у томатов 0,000005% от исходного. Данное явление отмечалось в соответствии с особенностями растительных объектов и спецификой микрофлоры. Выявлен высокий эффект ингибирования бактерий кишечной палочки. Существенное влияние отмечалось при воздействии ускоренных электронов на жизнедеятельность спор плесневых грибов и дрожжей [4].

Количество спор плесневых грибов сократилось за период 20 суток от исходного содержания у томатов до 0,34%, у перца сладкого 23%, у моркови резаной 3,3%, у моркови целой 1,3%.

На поверхности облучённых дозой 3 кГр овощей количество жизнеспособных дрожжей составляло от 1,4 до 85,0% от исходного (для резанных моркови и перца, томатов и др.) [4].

Для обработки плодоовощной продукции установлена возможность применения облучения дозами не выше 3 кГр, которые не являются стерилизующими и подавляют развитие микроорганизмов на краткосрочный период до 2–3 недель.

Радиационная обработка наряду с антисептированием продукции вызывает ряд неблагоприятных изменений – снижение устойчивости к патогенам, размягчение тканей продукции, изменение цветовых характеристик и др.

С целью сокращения неблагоприятных изменений нами разработана комплексная технология оптимизации хранения фруктов, овощей и грибов, которая включает: антисептическую обработку ускоренными электронами или γ -излучением, применение условий охлаждения и модифицированной газовой среды для задержки процессов созревания и старения тканей, а также сохранение более высокого уровня показателей пищевой ценности продукции.

Проведенные исследования позволили установить на большом ассортименте продукции (томаты, перец, морковь, свекла, ягоды, косточковые плоды, яблоки, листовые овощи и др.) высокую эффективность комплексной технологии. Применение технологии позволило сократить потери от микробиологической порчи и убыли массы в 3–5 раз, продлить сроки предреализационного хранения растительного сырья, а также увеличить продолжительность хранения сырья до переработки [4, 6].

Для расширения сфер освоения комплексной технологии существенную роль играет расширение ассортимента сохраняемой по новой технологии продукции.

В соответствии с выше отмеченными тенденциями климатических и других изменений, влияющих на выращивание сельскохозяйственной продукции, определяющее значение имеет совершенствование технологии и особенности производства растительной продукции закрытого грунта. Это позволяет избежать климатических неблагоприятных изменений, обеспечить направленное изменение плодородия почвы, обеспечить формирование устойчивого урожая и высокий уровень сохранности продукции на этапах хранения и транспортирования. Для расширения ассортимента облучаемой продукции нами проведены исследования

по разработке комплексной технологии хранения культивируемых грибов (шампиньонов).

Грибы отличаются высокой питательной ценностью, содержат повышенный уровень белка (19–35% сухого веса), включая девять незаменимых аминокислот, относительно большое количество углеводов (51–88% сухого веса) и клетчатки (4–20% сухого веса), малый уровень жиров, хотя грибы являются источником ненасыщенных жирных кислот, таких как олеиновая и линолевая. Они также содержат значительное количество минералов и витаминов, в основном тиамин, рибофлавин, аскорбиновую кислоту и витамин D2. Фактически, грибы являются растительным источником витамина D [8–11].

Наиболее популярными грибами являются шампиньоны (*Agaricus bisporus*) и другие виды *Agaricus*), вешенки (*Pleurotus* spp.) и шиитакэ (*Lentinus edodes*) [12]. Грибы являются одним из самых скоропортящихся продуктов и имеют тенденцию потери качества сразу после сбора урожая. Короткий срок хранения грибов (1–3 дня при температуре окружающей среды) является недостатком для распространения и сбыта свежего продукта [10, 11]. Данное явление обусловлено изменениями, происходящими после сбора урожая, такими как потемнение кожицы, раскрытие шляпки, удлинение ножки, потери веса и изменение текстуры, высокая интенсивность дыхания и др. [8, 13]

Благоприятное воздействие облучения на свежие грибы можно выразить в двух направлениях: в продлении срока хранения и в обеспечении их микробиологического качества.

Новизной проводимых работ является изучение комплексного воздействия радиационной обработки, модифицированной газовой среды и холодильного хранения на свежие грибы в целях предупреждения развития патогенной микрофлоры и сохранения качества исследуемого сырья.

Объекты и методы

В качестве объектов исследования использовали свежие шампиньоны (*Agaricus bisporus*). Грибы, полученные в день сбора, расфасованы в лотки из полипропилена в один слой и упакованы в пакеты из различных полимерных плёнок.

При изготовлении пакетов были использованы следующие полимерные материалы:

- полипропилен (PP) (толщина – 80 мкм; кислородопроницаемость – $1000\text{--}6000\text{ см}^3/\text{м}^2 \times 24\text{ часа} \times \text{бар}$ (23 °C); паропроницаемость – $8\text{--}13\text{ г}/\text{м}^2/24\text{ ч} \times \text{бар}$ (38 °C, отн. вл. 90%));

- полиэтилен (PE) (толщина – 7 мкм; кислородопроницаемость – $5 \times 10^{-13}\text{ м}^2 \times \text{Па}^{-1} \times \text{с}^{-1}$; паропроницаемость – $0,5\text{--}5\text{ г}/\text{м}^2/24\text{ ч}$);

• биаксиально-ориентированный полипропилен (БОРР) (толщин – 40 мкм; кислородопроницаемость – 1325 см³/м²×24 часа×бар (23 °С); паропроницаемость – 3,3 г/м²/24 ч×бар (38 °С, отн. вл. 90%).

Обработку проводили на ускорителе УЭЛР-10-15-С-60-1 (ООО «Теклеор», Калужская область) ускоренными электронами дозами от 1 до 3 кГр при энергии пучка до 5 МэВ.

После облучения упаковки с грибами были заложены на хранение в холодильную камеру с принудительной вентиляцией при температуре +4–5 °С и относительной влажностью воздуха 65–70%.

Модифицированная газовая среда в упаковках формировалась за счет поглощения О₂ и выделения СО₂ при дыхании грибов и селективной проницаемости полимерного материала. Показатели состава газовой среды внутри упаковок контролировались с использованием газоанализатора МАГ-6 П-В.

Степень трансформации качества шампиньонов в процессе хранения оценивали в соответствии с ГОСТ Р 56827–2015 (UNECE STANDARD FFV-24:2012) «Грибы шампиньоны свежие культивируемые. Технические условия», а также по изменению химико-технологических и органолептических показателей.

Микробиологическую обсемененность грибов до и после обработки определяли по ГОСТ 10444.15–94; ГОСТ 10444.12–2013; ГОСТ 32064–2013.

Результаты и обсуждение

В результате исследований установлено, что обработка дозами 1–3 кГр грибов приводит к высокой степени ингибирования специфичной для них возбудителей порчи бактериальной микрофлоры.

Количество патогенной микрофлоры снижается с увеличением дозы облучения. Достигнутое ингибирование поддерживается в течение 1–8 суток хранения, а в последующий период жизнедеятельность микрофлоры частично восстанавливается. При обработке дозой 3 кГр подавление жизнедеятельности бактериальной микрофлоры сохраняется до 20 суток (таблица 1).

Наиболее значительно сокращается микробиологическое обсеменение в упаковках БОРР, что коррелирует с более высоким уровнем накопления СО₂ при дыхании грибов. Различия содержания в упаковках СО₂ с контролем нивелируется при хранении (таблица 2).

Таблица 1.

Влияние обработки ускоренными электронами и условий хранения (МГС, холод) на микробиологическую обсемененность и содержание СО₂ в различных упаковках грибов шампиньонов

Table 1.

Influence of treatment with accelerated electrons and storage conditions (MGS, cold) on microbiological contamination and CO₂ content in various packaging of champignon mushrooms

Доза облучения, кГр Radiation dose, kGy	Количество жизнеспособных клеток бактерий МАФАНМ, lg (КОЕ/г) The number of viable bacterial cells MAFANM, lg (CFU / g)			Количество СО ₂ в упаковках при хранении, % The amount of CO ₂ in packages during storage,%		
	Сроки хранения Storage periods					
	1 сут 1 day	10 сут 10 days	20 сут 20 days	1 сут 1 day	10 сут 10 days	20 сут 20 days
Упаковка в пакеты РР Packing in PP bags						
0,0	7,08	7,04	6,79	0,5	10,1	6,6
1,0	6,32	6,26	6,45	1,0	8,2	4,3
2,0	4,81	4,7	5,65	1,5	5,6	6,6
3,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-
Упаковка в пакеты БОРР Packing in BOPP bags						
0,0	4,8	4,85	5,45	7,8	11,1	4,6
1,0	2,08	3,91	4,08	14,4	11,0	4,4
2,0	1,48	1,32	2,11	15,1	10,8	4,6
3,0	0,0	0,0	0,0	16,8	9,4	4,8
Упаковка в пакеты РЕ Packing in PE bags						
0,0	7,08	7,18	7,2	0,02	0,02	0,025
1,0	5,34	6,15	6,58	0,28	0,27	0,25
2,0	4,94	5,26	3,69	0,27	0,27	0,02
3,0	00,0	0,0	0,0	-	-	-

Влияние комплексной технологии хранения шампиньонов на содержание CO₂ в полимерных упаковках ВОРР

Таблица 2.

Influence of the integrated technology for storing champignons on the CO₂ content in BOPP polymer packages

Table 2.

Доза облучения, кГр Radiation dose, kGy	Содержания CO ₂ в пакетах, % по суткам хранения CO ₂ content in bags, % for days of storage						
	1 сут 1 day	3 сут 3 days	8 сут 8 days	10 сут 10 days	16 сут 16 days	20 сут 20 days	24 сут 24 days
0,0	7,80	5,63	9,50	11,13	10,96	4,63	4,63
1,0	16,37	16,26	10,17	11,32	10,56	5,43	5,43
2,0	15,08	18,67	9,78	10,76	9,98	4,65	4,65
3,0	14,84	18,90	9,60	9,40	4,84	4,84	4,84

Повышенное выделение CO₂ в опытных упаковках ВОРР свидетельствует о более интенсивном наступлении старения тканей и стимулирует проявление функциональных расстройств при хранении. Наиболее заметное потемнение тканей кожицы отмечается в упаковках ВОРР.

В процессе хранения грибов первостепенное значение для культивируемых грибов играют потери влаги, максимальные значения которых не могут быть более 5%. Установлено, что применение различных полимерных упаковок (РР, РЕ, ВОРР) для хранения облученных грибов

обеспечивало сохранение требуемой влажности и сокращение потерь от убыли массы. Наименьшие потери массы отмечены при хранении облученных грибов в упаковках ВОРР, которые составили в первые дни хранения 0,26–0,52%, а на 24 сутки – до 0,51–0,67%. Несколько выше были потери массы у облученных грибов при хранении в упаковках РР (1,76–2,24%).

Установлено также, что в облученных вариантах грибов сохраняется более высокий уровень растворимых сухих веществ (таблица 3).

Таблица 3.

Изменения содержания растворимых сухих веществ у облученных грибов при хранении в МГС при 4...5 °С (упаковка ВОРР)

Table 3.

Changes in the content of soluble solids in irradiated mushrooms during storage in MGS at 4 ... 5 °C (BOPP packaging)

Доза облучения, кГр Radiation dose, kGy	Содержание растворимых сухих веществ, ° Brix Soluble solids content, ° Brix					
	1 сут 1 day	3 сут 3 days	8 сут 8 days	10 сут 10 days	20 сут 20 days	24 сут 24 days
0,0	6,79	6,59	7,04	6,06	6,48	6,17
1,0	6,96	6,63	6,19	6,51	6,59	6,11
2,0	6,71	6,86	6,69	6,50	6,57	6,23
3,0	6,61	6,08	7,01	6,56	6,04	6,43

С увеличением дозы облучения в условиях МГС лучше сохраняется структура грибов в упаковках РР в результате замедления процессов созревания и отдаления сроков старения и порчи.

Наилучшую органолептическую оценку получили образцы облученные дозами 1–3 кГр. сохраняемые в пакетах РР.

Заключение

В результате применения комплексной технологии задерживается прохождение процесса послеуборочного созревания и увеличивается продолжительность хранения грибов до 20 суток при 4 °С (контроль 10–14 суток). Выявлены особенности влияния комплексной технологии на органолептические показатели грибов: окраски, плотности ткани и др., которые

дают возможность дифференцировать выбор параметров технологии в зависимости от целевого назначения продукции. Применение упаковок ВОРР достаточно успешно для грибов, предназначенных для переработки (сушка, замораживание др.), где наиболее важны параметры поверхностной обсеменённости, сокращение убыли массы, высокое содержание сухих веществ в сравнении с контрольными образцами. Для реализации в свежем виде наиболее эффективно использование в комплексе с облучением упаковок РР со средней степенью газопроницаемости к CO₂, в этом варианте отмечено наиболее высокое органолептическое качество продукции при задержке созревания, улучшающем товарное качество продукции, так раскрытие шляпки в этом случае задерживается на 4–6 суток.

Литература

- 1 Ecological crisis: causes, signs, problems. URL: <https://promdevelop.ru/ekologicheskij-krizis-prichiny-priznaki-problemy-primery-i-puti-resheniya/>
- 2 Козьмин Г.В., Санжарова Н.И., Тихонов В.Н. Перспективы применения физических факторов в АПК // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2018. С. 278–281.
- 3 Алексахин Р.М., Санжарова Н.И., Козьмин Г.В. и др. Перспективы использования радиационных технологий в агропромышленном комплексе Российской Федерации // Сельское хозяйство. 2014. № 1. С. 78–85.
- 4 Петров А.Н., Шишкина Н.С., Карастоянова О.В., Клюева О.А. и др. Применение ионизирующих излучений для оптимизации технологии холодильного хранения плодоовощной продукции // Холодильная техника. 2015. № 11. С. 51–55.
- 5 Петров А.Н., Шишкина Н.С., Шаталова Н.И. Перспективы 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.
- 6 Лазарева Т.Г., Александрова Е.Г. Производство грибов в России: основные проблемы и перспективы // Успехи современной науки и образования. 2017. Т. 5. № 4. С. 181–184.
- 7 Farkas J. Mohachi-Farkas C. History and future of food irradiation // Sci and Tech. 2011. V. 22. № 11. P. 121–126. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224410001044>
- 8 Fernandes Â., Antonio A.L., Oliveira M.B.P.P., Martins A. et al. Effect of gamma and electron beam irradiation on the physico-chemical and nutritional properties of mushrooms: A review // Food Chemistry. 2012. V. 135. № 2. P. 641–650. doi:10.1016/j.foodchem.2012.04.136
- 9 Duan Z., Xing Z., Shau Y., Zhao X. Effect of electron beam irradiation on postharvest quality and selected enzyme activities of the white Button Mushroom, *Agaricus bisporus* // J. Agric. Food Chem. 2010. V. 58. P. 9617–9621.
- 10 Mattila P., Suonpää K., Piironen V. Functional properties of edible mushrooms // Nutrition. 2000. V. 16. P. 694–696.
- 11 Glamočlija J., Stojković D., Nikolić M., Čirić A. et al. A comparative study on edible *Agaricus* mushrooms as functional foods // Food & function. 2015. V. 6. № 6. P. 1900–1910.
- 12 Roysse D.J. A global perspective on the high five: *Agaricus*, *Pleurotus*, *Lentinula*, *Auricularia* & *Flammulina* // Paper presented at the Proceedings of the 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP8). 2014.
- 13 Akram K., Kwon J.-H. Food irradiation for mushrooms: A review // Journal of Korean Society for Applied Biological Chemistry. 2010. № 53. P. 257–265.

References

- 1 Ecological crisis: causes, signs, problems. Available at: <https://promdevelop.ru/ekologicheskij-krizis-prichiny-priznaki-problemy-primery-i-puti-resheniya/>
- 2 Kozmin G.V., Sanzharova N.I., Tikhonov V.N. Prospects for the use of physical factors in the agricultural sector. Radiation technologies in agriculture and the food industry: state and prospects: collection of reports of the International scientific-practical conference. 2018. pp. 278–281. (in Russian).
- 3 Aleksakhin R.M., Sanzharova N.I., Kozmin G.V. et al. Prospects for the use of radiation technologies in the agro-industrial complex of the Russian Federation. J. Agriculture. 2014. no. 1. pp. 78–85. (in Russian).
- 4 Petrov A.N., Shishkina N.S., Karastoyanova O.V., Klyueva O.A. et al. The use of ionizing radiation to optimize the technology of refrigerated storage of fruits and vegetables. Refrigeration. 2015. no. 11. pp. 51–55. (in Russian).
- 5 Petrov A.N., Shishkina N.S., Shatalova N.I. Prospects for the use 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: collection of reports of the International scientific and practical conference. 2018. pp. 222–224. (in Russian).
- 6 Lazareva T.G., Alexandrova E.G. Mushroom production in Russia: main problems and prospects. Successes in modern science and education. 2017. vol. 5. no. 4. pp. 181–184. (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. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224410001044>
- 8 Fernandes Â., Antonio A.L., Oliveira M.B.P.P., Martins A. et al. Effect of gamma and electron beam irradiation on the physico-chemical and nutritional properties of mushrooms: A review. Food Chemistry. 2012. vol. 135. no. 2. pp. 641–650. doi:10.1016/j.foodchem.2012.04.136
- 9 Duan Z., Xing Z., Shau Y., Zhao X. Effect of electron beam irradiation on postharvest quality and selected enzyme activities of the white Button Mushroom, *Agaricus bisporus*. J. Agric. Food Chem. 2010. vol. 58. pp. 9617–9621.
- 10 Mattila P., Suonpää K., Piironen V. Functional properties of edible mushrooms. Nutrition. 2000. vol. 16. pp. 694–696.
- 11 Glamočlija J., Stojković D., Nikolić M., Čirić A. et al. A comparative study on edible *Agaricus* mushrooms as functional foods. Food & function. 2015. vol. 6. no. 6. pp. 1900–1910.
- 12 Roysse D.J. A global perspective on the high five: *Agaricus*, *Pleurotus*, *Lentinula*, *Auricularia* & *Flammulina*. Paper presented at the Proceedings of the 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP8). 2014.
- 13 Akram K., Kwon J.-H. Food irradiation for mushrooms: A review. Journal of Korean Society for Applied Biological Chemistry. 2010. no. 53. pp. 257–265.

Сведения об авторах

Наталья С. Шишкина к.б.н., ведущий научный сотрудник, ВНИИ технологии консервирования – филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, Московская область, 142703, Россия, vnikopholod@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5218-2430>

Ольга В. Карастоянова старший научный сотрудник, ВНИИ технологии консервирования – филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, Московская область, 142703, Россия, okarastoyanova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7247-7519>

Наталья И. Федянина аспирант, старший научный сотрудник, ВНИИ технологии консервирования – филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, Московская область, 142703, Россия, shatalova@vniitek.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1665-5445>

Надежда В. Коровкина младший научный сотрудник, ВНИИ технологии консервирования – филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, Московская область, 142703, Россия, corowkinanadya@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4108-5835>

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

Natalia S. Shishkina Cand. Sci. (Biol.), leading researcher, Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of V.M. GorbatoV Federal Research Center for Food Systems of RAS, st. School, 78, Vidnoye, Moscow Region, 142703, Russia, vnikopholod@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5218-2430>

Olga V. Karastoyanova senior researcher, Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of V.M. GorbatoV Federal Research Center for Food Systems of RAS, , st. School, 78, Vidnoye, Moscow Region, 142703, Russia, okarastoyanova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7247-7519>

Natalya I. Fedyanina graduate student, senior researcher, Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of V.M. GorbatoV Federal Research Center for Food Systems of RAS, st. School, 78, Vidnoye, Moscow Region, 142703, Russia, shatalova@vniitek.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1665-5445>

Nadezhda V. Korovkina junior researcher, Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of V.M. GorbatoV Federal Research Center for Food Systems of RAS, , st. School, 78, Vidnoye, Moscow Region, 142703, Russia, corowkinanadya@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4108-5835>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 11/08/2020	После редакции 20/08/2020	Принята в печать 28/08/2020
Received 11/08/2020	Accepted in revised 20/08/2020	Accepted 28/08/2020