

Влияние гамма-облучения на лёжкость и биохимические показатели клубней картофеля

Станислав Владимирович Мальцев¹, Сергей Владимирович Андрианов¹, Наталья Александровна Тимошина¹, Елена Валерьевна Князева¹, Виктория Александровна Бирюкова¹, Павел Николаевич Цыгвинцев²

¹ Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха, Московская область, г.о. Люберцы, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, Калужская область, г. Обнинск, Россия
e-mail: stanmalcev@yandex.ru

Аннотация. Хранение картофеля представляет собой сложный технологический процесс, направленный на снижение потерь при одновременном поддержании биохимических и потребительских показателей клубней на заданном уровне. В зависимости от температуры хранения величина потерь на ростки в общей структуре отходов может составлять значительную величину. В настоящее время в большинстве европейских стран использование классического ингибитора прорастания клубней картофеля на основе действующего вещества хлорпрофам по экологическим соображениям запрещено. В этой связи интерес представляет альтернативный способ сдерживания прорастания клубней продовольственного и предназначенного для промышленной переработки картофеля на основе применения гамма-облучения. Исследования по гамма-облучению клубней с использованием ⁶⁰Co проводили в 2019–2021 гг. на базе ФГБНУ ВНИИРАЭ (г. Обнинск) с последующим хранением картофеля в холодильных камерах ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» при двух температурах – 6–7 °С и 9–10 °С. Исследуемые дозы облучения – 15, 25 и 50 Гр. Установлено, что потери картофеля при хранении зависели главным образом от температуры (влияние фактора 42,2 %) и гамма-облучения (влияние фактора 22,5 %). Для продовольственного картофеля (6–7 °С) оптимальными являлись дозы гамма-облучения 15 и 25 Гр; для картофеля, предназначенного для переработки на обжаренные картофелепродукты (9–10 °С), – 50 Гр. Облучение в этих дозах существенно снижало прорастание клубней и величину общих потерь при хранении. При температуре хранения 9–10 °С и облучении в дозе 50 Гр отмечено также снижение содержания редуцирующих сахаров в клубнях в 2,0–2,5 раза, что позволяло получать конечный продукт при обжаривании более высокого качества по показателю цвета. Существенного влияния на содержание в клубнях сухого вещества, крахмала, нитратов и витамина С не выявлено. Отмечено незначительное снижение содержания белка при дозах облучения 25 и 50 Гр.

Ключевые слова: картофель; сорт; гамма-облучение; лёжкость; биохимические показатели; переработка картофеля.

Для цитирования: Мальцев С. В., Андрианов С. В., Тимошина Н. А., Князева Е. В., Бирюкова В. А., Цыгвинцев П. Н. Влияние гамма-облучения на лёжкость и биохимические показатели клубней картофеля // Аграрный научный журнал. 2022. № 10. С. 50–54. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i10pp50-54>.

AGRONOMY

Original article

The influence of gamma irradiation on the storability and biochemical parameters of potato tubers

Stanislav V. Maltsev¹, Sergey V. Andrianov¹, Natalia A. Timoshina¹, Elena V. Knyazeva¹, Victoria A. Biryukova¹, Pavel N. Tsygvintsev²

¹ Federal Research Center for Potatoes named after A. G. Lorch, Moscow region, city of Lyubertsy, Russia

² Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia
e-mail: stanmalcev@yandex.ru

Abstract. Potato storage is a complex technological process aimed at reducing weight losses and maintaining the biochemical and consumer indicators of tubers at an appropriate level. Depending on the storage temperature, the amount of losses on sprouts in the overall structure of waste can be a significant. Currently, in most European countries, the use of a classic potato tuber germination inhibitor based on the active ingredient chlorpropham is prohibited for environmental reasons. In this regard, an alternative method of restraining the germination of ware and intended for industrial processing potatoes based on the use of gamma irradiation is of interest. Studies on gamma irradiation of tubers using ⁶⁰Co were conducted in 2019–2021 at the Russian Institute of Radiology and Agroecology (Obninsk), followed by storage of potatoes in cold storage chambers of the Russian Potato Research Centre at two temperatures – 6–7 °C and 9–10 °C. The studied radiation doses were 15, 25 and 50 Gy. It was found that potato weight losses during storage depended mainly on temperature (influence of factor 42.2%) and gamma irradiation (influence of factor 42.2%). For ware potatoes (6–7 °C), gamma irradiation doses of 15 and 25 Gy were optimal; for potatoes intended for processing into fried products (9–10 °C), – 50 Gy. Irradiation at these doses significantly reduced the germination of tubers and the amount of total losses during storage. At a storage temperature of 9–10 °C and irradiation dose of 50 Gy, there was also noticed a decrease in reducing sugars content in tubers by 2–2.5 times, which made it possible to obtain the final product when frying of higher quality in terms of color. There was no significant effect on the content of dry matter, starch, nitrates and vitamin C in tubers. After irradiation doses of 25 and 50 Gy a slight decrease in protein content was noticed.

Keywords: potato; variety; gamma irradiation; store ability; biochemical parameters; potato processing.

For citation: Maltsev S. V., Andrianov S. V., Timoshina N. A., Knyazeva E. V., Biryukova V. A., Tsygvintsev P. N. The influence of gamma irradiation on the storability and biochemical parameters of potato tubers. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(10):50–54. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i10pp50-54>.

Введение. Хранение продовольственного, а также предназначенного для переработки картофеля длится от 2 до 11 месяцев. За это время в клубнях происходят биохимические преобразования, в зависимости от исходного качества картофеля в насыпи могут развиваться фитопатогенные микроорганизмы, некоторые сорта с коротким периодом покоя начинают прорастать уже в зимний период [4]. С увеличением температуры при длительном хранении воз-





растают потери на ростки, дыхание, абсолютную гниль, технический отход [10]. В этой связи продовольственный картофель рекомендуется хранить при 3–5 °С и относительной влажности воздуха 90–95 %. Но на практике при постоянной выгрузке и открытых воротах хранилища температура зачастую составляет 6–7 °С.

При хранении предназначенного для промышленной переработки картофеля, помимо лежкости, особое внимание уделяется также биохимическим показателям клубней. В частности, содержание редуцирующих сахаров не должно превышать 0,3%, т.к. в противном случае при обжаривании продукт получается более темного цвета, что нежелательно. Соответствовать данному требованию картофель может лишь при температуре хранения не ниже 9–10 °С. Однако такая повышенная температура способствует увеличению потерь, главным образом за счет значительного израстания клубней, а также развития сухой и мокрой гнилей. Клубни теряют тургор, и величина отхода на очистку при переработке резко возрастает.

Для решения вышеуказанных проблем до недавнего времени в качестве химических ингибиторов прорастания продовольственного и предназначенного для переработки картофеля широко использовались препараты с действующим веществом «хлорпрофам» [12]. Однако в связи с ужесточением экологических требований применение их в последние годы сокращается.

Среди альтернативных методов регулирования роста растений можно выделить ядерно-физические методы обработки клубней [13]. По данным ВОЗ «Оценка санитарного состояния облученных пищевых продуктов», специального токсикологического или пищевого исследования продуктов, облученных дозами до 10 кГр, не требуется [3].

Первые исследования по облучению пищевых продуктов в нашей стране активно проводились еще в 60-е годы прошлого столетия [6]. В дальнейшем многочисленными исследованиями было установлено, что облученный картофель вполне пригоден для промышленной переработки на различные продукты [15]. Радиационная обработка картофеля с целью предотвращения прорастания применялась в СССР [7] и широко применяется во всем мире и при соблюдении требований Кодекса Алиментариус ухудшения качества продуктов питания после облучения не отмечено [11, 14].

Механизм действия гамма-облучения сводится в основном к радиолизу веществ, составляющих клетку (прежде всего радиолиз воды) и образованию свободных и перекисных радикалов, биологически активных веществ хиноидной природы, активирующих мембранно-связанные рецепторы, влияющие через промежуточные мессенджеры на синтез ДНК и РНК. Кроме того возможно и непосредственное воздействие гамма-облучения на ДНК. В зависимости от дозы возможно проявление гормезиса, т.е. «гипервосстановления» или, наоборот, необратимое повреждение ДНК, приводящее к угнетению деления клеток меристематической ткани, что приводит к подавлению прорастания клубней [2].

Использование ионизирующей радиации имеет ряд преимуществ по сравнению с другими способами: высокая эффективность без ущерба для качества, отсутствие наведенной радиоактивности и нагревания; механизация и автоматизация технологии, возможность создания передвижных установок для облучения; высокая экономическая эффективность [9].

По имеющимся данным, гамма-облучение клубней картофеля дозами 50–200 Гр успешно подавляет прорастание картофеля, увеличивая срок его хранения. Однако при облучении повышенными дозами возможно снижение иммунитета клубней картофеля и увеличение их восприимчивости к грибным и бактериальным заболеваниям [5].

Цель исследований - определить влияние гамма-облучения продовольственного и предназначенного для переработки картофеля на лежкость при длительном хранении, биохимические показатели и пригодность к переработке на обжаренные картофелепродукты.

Методика исследований. Облучение картофеля проводили в ФГБНУ ВНИИРАЭ (Калужская область, г. Обнинск) на УНУ «Гамма-установка радиационного облучения ГУР-120» (регистрационный номер 2795259), площадь гамма-облучения 2×2 м, интенсивность – 6 Гр/ч, срок облучения – сентябрь. Оценка лежкости, биохимических показателей клубней и пригодности картофеля к переработке проводили на экспериментальной базе «Коренево» ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» (Московская область, г.о. Люберцы).

Схема трехфакторного опыта:

- фактор А – сорт картофеля. Варианты: 1) Гранд (среднеспелый), 2) Вымпел (среднеспелый); Гала (среднеранний), 4) Ред Скарлетт (ранний). Последние два сорта использовались в качестве международных стандартов для сравнения.
- фактор Б – доза гамма-облучения. Варианты: 1) контроль (без обработки), 2) 15 Гр, 3) 25 Гр, 4) 50 Гр;
- фактор В – температура хранения. Варианты: 1) 6–7 °С для продовольственного картофеля; 2) 9–10 °С для картофеля, предназначенного для промышленной переработки.

Определения и учеты проводили по общепринятым ГОСТам (29270-95, 26832-86) и методическим указаниям по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению [8]. Для определения убыли массы и общих потерь картофеля при хранении с сентября по май месяц включительно клубни закладывали в 5 кг сетки в пятикратной повторности. Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [1].

Результаты исследований. При оценке влияния факторов в трехфакторном опыте установлено, что наибольшее влияние (42,2 %) на величину общих потерь картофеля при длительном хранении оказывала температура. Вторым по значимости являлся фактор дозы гамма-облучения (влияние 22,5 %). Также существенным был фактор сорта картофеля (влияние 10,0 %) и взаимодействие факторов температуры хранения и дозы гамма-облучения (совместное влияние 16,3 %), табл. 1.

Гамма-облучение продовольственного картофеля, хранившегося при температуре 6–7 °С, полностью исключало прорастание клубней в дозах 25 и 50 Гр. При дозе 15 Гр отмечено минимальное прорастание (потери на ростки 0,1 %) и только на одном из четырех изученных сортов – Вымпел, характеризующемуся коротким периодом естественного покоя и ранним активным прорастанием. При этом на контрольных вариантах потери на ростки к концу мая месяца составляли в зависимости от сорта от 0,6 до 2,9 %.

Величина естественной убыли массы, а также технического отхода и абсолютной гнили определялась главным образом сортовыми особенностями (минимальные значения отмечены по сорту Ред Скарлетт) и не зависела от вариантов



гамма-облучения. Таким образом, влияние гамма-облучения на величину общих суммарных потерь при температуре 6–7 °С проявлялось главным образом через снижение потерь на ростки.

Таблица 1

Потери картофеля при хранении в зависимости от сорта, дозы гамма-облучения и температуры хранения (2019–2021 гг.)

Сорт картофеля	Доза гамма-облучения, Гр	Температура, °С	Потери всего, %	в том числе:			
				убыль массы, %	технический отход, %	абсолютная гниль, %	ростки, %
Ред Скарлет	Контроль (без облучения)	6–7	8,1	6,5	0,2	0,1	1,3
		9–10	20,4	11,4	0,2	0,2	8,6
	15	6–7	6,3	6,2	0,1	0,0	0,0
		9–10	14,4	8,9	0,1	0,0	5,4
	25	6–7	6,4	6,1	0,2	0,1	0,0
		9–10	10,1	7,6	0,0	0,0	2,5
	50	6–7	6,2	6,2	0,0	0,0	0,0
		9–10	7,9	7,0	0,0	0,0	0,9
Гала	Контроль (без облучения)	6–7	9,2	8,1	0,2	0,3	0,6
		9–10	28,6	15,8	0,3	0,3	12,2
	15	6–7	8,0	7,7	0,1	0,2	0,0
		9–10	23,6	14,7	0,0	0,0	8,9
	25	6–7	8,1	7,8	0,2	0,1	0,0
		9–10	12,6	9,7	0,0	0,1	2,8
	50	6–7	8,2	8,0	0,1	0,1	0,0
		9–10	11,3	9,0	0,0	0,0	2,3
	Вымпел	Контроль (без облучения)	6–7	11,9	8,3	0,5	2,9
			9–10	38,9	17,2	0,3	20,9
		15	6–7	8,8	8,2	0,4	0,1
			9–10	32,6	14,4	0,2	17,8
		25	6–7	8,3	8,0	0,3	0,0
			9–10	16,5	9,8	0,2	6,2
		50	6–7	8,7	8,1	0,4	0,0
			9–10	11,6	7,4	0,0	4,1
Гранд	Контроль (без облучения)	6–7	9,9	8,0	0,9	0,1	0,9
		9–10	39,7	16,7	1,2	0,4	21,4
	15	6–7	8,9	7,9	0,9	0,1	0,0
		9–10	30,7	15,5	0,7	0,3	14,2
	25	6–7	8,2	7,3	0,8	0,1	0,0
		9–10	19,9	12,2	0,5	0,0	7,2
	50	6–7	8,6	7,5	0,9	0,2	0,0
		9–10	12,7	9,3	0,1	0,1	3,2
НСР ₀₅			0,76				
Фактор А			10,0 %				
Фактор Б			22,5 %				
Фактор В			42,2 %				
Вз.д. АВ			2,2 %				
Вз.д. АВ			4,7 %				
Вз.д. БВ			16,3 %				
Вз.д. АВВ			1,9 %				

По показателю общих потерь при длительном хранении каждого изученного сорта установлена существенная разность между контрольным вариантом и вариантами с облучением, однако, существенной разности между вариантами облучения (15, 25 или 50 Гр) не выявлено. Так, облучение в указанных дозах обеспечило снижение величины общих потерь за 9 месяцев хранения при температуре 6–7 °С по сортам Ред Скарлетт, Гала, Вымпел и Гранд соответственно в 1,29; 1,14; 1,38 и 1,15 раза.

Таким образом, при температуре хранения 6–7 °С для исключения прорастания клубней продовольственного картофеля, а вместе с этим и снижения общих потерь, достаточно облучения в диапазоне доз от 15 до 25 Гр. Нижнее значение из указанного диапазона обусловлено возможным минимальным прорастанием некоторых сортов, склонных к раннему прорастанию, как, например, сорт Вымпел; верхнее – определяется дозой, при которой ни один из изученных сортов не прорастал.

При температуре хранения 9–10 °С величина общих потерь картофеля в контрольных вариантах в зависимости от сорта была в 3–4 раза больше, чем при 6–7 °С. Обусловлено это было значительно более ранним выходом клубней из состояния покоя и их активным прорастанием. Интенсификация биохимических процессов при прорастании способствовала росту величины естественной убыли массы (в 1,8–2,1 раза по сравнению со значениями при температуре 6–7 °С). Также при повышенной температуре хранения в среднем по сортам на контрольных вариантах возрастали потери на абсолютную гниль (в 1,5 раза) и технический отход (в 1,2 раза).

Гамма-облучение картофеля при температуре хранения 9–10 °С обеспечивало исключение прорастания клубней до февраля месяца. При этом было достаточно доз 15 и 25 Гр (см. рисунок).



Для контроля прорастания клубней до конца мая требовалась более высокая доза – 50 Гр. По сорту Ред Скарлетт она обеспечила минимальные потери на ростки на уровне 0,9 %. По остальным изученным сортам потери на ростки были несколько больше (2,3–4,1 %), однако эти значения вполне приемлемы, учитывая высокую температуру и продолжительность хранения картофеля. За весь период хранения в зависимости от сорта снижение потерь на ростки составило: в дозе 15 Гр в 1,2–1,6 раза; 25 Гр – в 3,0–4,3 раза; 50 Гр – в 5,1–9,6 раза по сравнению с контролем (см. табл. 1).

Как следствие, с увеличением доз облучения с 15 до 50 Гр отмечалось и значительное снижение общих потерь картофеля при хранении – в 1,26; 2,16 и 2,93 раза по сравнению с контролем в среднем по сортам. При этом наиболее значительное снижение происходило при облучении в дозе 25 Гр. Дальнейшее увеличение дозы до 50 Гр хотя и способствовало снижению общих потерь, но не в столь значительной мере, т.е. наблюдался «эффект затухания». Например, общие потери по сорту Гала за 9 месяцев хранения при 9–10 °С и облучении в дозе 25 Гр составили 12,6 %, а в дозе 50 Гр – 11,3 %; по сорту Ред Скарлетт соответственно 10,1 % при 25 Гр и 7,9 % при 50 Гр. Т.е. разница минимальная и не столь значительная. В целом гамма-облучение клубней в дозе 50 Гр способствовало снижению как потерь на ростки, так и общих потерь при хранении до приемлемого уровня (7,9–12,7 % в зависимости от сорта). В этой связи облучать картофель при данных условиях хранения дозами свыше 50 Гр представляется не целесообразным, т.к. они будут малоэффективны, к тому же не исключен риск их негативного воздействия на устойчивость клубней к заболеваниям.

Картофель, хранившийся при температуре 9–10 °С, оценивали также по биохимическим показателям клубней с точки зрения соответствия его в качестве сырья для переработки на обжаренные картофелепродукты (фри, хрустящий картофель). Существенной разницы в содержании сухого вещества и крахмала в клубнях в зависимости от дозы облучения выявлено не было. Данный показатель в большей степени зависел от сорта (табл. 2).

Таблица 2

Биохимические показатели клубней в зависимости от сорта и дозы гамма-облучения
(температура хранения картофеля 9–10 °С, срок определения – март)

Сорт	Доза гамма-облучения, Гр	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Редуцирующие сахара, %	Нитраты, мг/кг	Витамин С, мг%	Белок, %
Ред Скарлетт	Контроль (без облучения)	20,8	15,1	1,2	60,0	9,4	1,2
	15	20,9	15,2	1,0	64,0	9,9	1,4
	25	20,6	14,9	0,6	52,0	8,4	0,7
	50	20,7	15,0	0,6	59,0	8,4	0,8
Гала	Контроль (без облучения)	21,7	15,9	0,8	52,0	9,2	1,4
	15	21,8	16,1	0,7	48,0	8,8	1,5
	25	21,6	15,8	0,7	54,0	8,8	1,5
	50	21,6	15,8	0,6	58,0	9,2	1,2
Вымпел	Контроль (без облучения)	22,4	16,7	1,3	60,0	8,8	1,3
	15	22,5	16,8	0,8	54,0	7,9	1,5
	25	22,4	16,7	0,4	62,0	7,2	0,9
	50	22,6	16,8	0,6	56,0	7,4	1,2
Гранд	Контроль (без облучения)	23,7	17,9	1,2	43,0	11,2	1,8
	15	23,4	17,6	0,9	40,0	10,7	1,9
	25	23,4	17,6	0,7	52,0	10,2	1,4
	50	23,5	17,7	0,5	46,0	10,6	1,5
НСР ₀₅		0,4	0,4	0,1	14,0	1,7	0,4

С увеличением дозы облучения по изученным сортам отмечено снижение содержания редуцирующих сахаров с 0,8–1,3 % в контрольных вариантах до 0,5–0,6 % в вариантах с дозой облучения 50 Гр (при мартовском сроке определения). Это обусловлено значительным прорастанием клубней в контрольных вариантах, что, в свою очередь, сопровождалось интенсификацией в них биохимических процессов и распадом крахмала до редуцирующих сахаров. В вариантах с гамма-облучением (особенно при дозе 50 Гр), данные процессы протекали в меньшей степени, содержание редуцирующих сахаров было ниже, что повышало пригодность картофеля к переработке на обжаренные картофелепродукты по показателю цвета. Несмотря на незначительное превышение порогового значения содержания редуцирующих сахаров 0,3 %, конечный продукт из гамма-облученного сырья все же соответствовал по цвету минимально приемлемому качеству 6 баллов по 9 балльной оценочной шкале. В то же время фри и хрустящий картофель из контрольных вариантов по цвету уступал на 2–3 балла, что было неприемлемо для переработки.

Существенного влияния изученных доз гамма-облучения на содержание в клубнях нитратов и витамина С не выявлено, данные показатели в большей степени зависели от сорта. Вместе с тем отмечены незначительные различия по содержанию белка в контроле и при дозах облучения 25 и 50 Гр, вероятно, обусловленные угнетением физиологических процессов дыхания и прорастания в клубнях картофеля после облучения в таких дозах.



Заключение. Установлено, что на величину общих потерь картофеля при длительном хранении наиболее существенное влияние оказывала температура (влияние фактора – 42,2 %). Фактор гамма-облучения в различных дозах влиял на этот показатель на 22,5 %, а фактор сорта картофеля на 10,0 %. Также значимым в трехфакторном опыте было взаимодействие факторов температуры хранения и дозы гамма-облучения (совместное влияние 16,3 %).

Установлено, что при температуре хранения 6–7 °С для исключения прорастания клубней продовольственного картофеля и снижения общих потерь достаточными являются дозы гамма-облучения от 15 до 25 Гр при сентябрьском сроке обработки.

Для картофеля, предназначенного для промышленной переработки и хранящегося в основной период при 9–10 °С, оптимальной является доза гамма-облучения 50 Гр. Обработка клубней в этой дозе способствовала существенному снижению потерь при хранении (до трех крат), а также снижению в 2,0–2,5 раза содержания редуцирующих сахаров, что положительно сказывалось на качестве обжаренных картофелепродуктов.

Существенного влияния на содержание в клубнях сухого вещества, крахмала, нитратов и витамина С гамма-облучение не оказывало. Отмечено незначительное снижение содержания в клубнях белка при дозах облучения 25 и 50 Гр по сравнению с контролем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - 5-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Иваницкий Ю.А. Радиационный гормезис. Благоприятны ли малые дозы ионизирующей радиации? // Вестник ДВО РАН. 2006. С. 86–91.
3. Кодекс Алиментариус. Облученные продукты питания / Пер. с англ. М.: Весь Мир, 2007. 24 с.
4. Мальцев С.В., Пшеченков К.А. Современная технология хранения картофеля, предназначенного для переработки на обжаренные картофелепродукты // Картофелеводство: Материалы научно-практической конференции. М., 2017. С. 313–320.
5. Мальцев С.В., Пшеченков К.А., Зейрук В.Н. Влияние химических и физических методов воздействия на клубни картофеля различного назначения при хранении // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: материалы Международной научно-практической конференции. Обнинск, 2018. С. 285–289.
6. Мейсель М.Н., Черняев Н.Д. Научные и практические вопросы лучевой стерилизации и пастеризации. Вестник АН СССР. 1956. № 11. С. 38–45.
7. Метлицкий Л.В., Рогачев В.И., Хрущев В.Г. Радиационная обработка пищевых продуктов. М.: Экономика, 1967. 160 с.
8. Методические указания по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению / К.А. Пшеченков [и др.]. М., 2008. 39 с.
9. Перспективы использования радиационных технологий в агропромышленном комплексе Российской Федерации / Р. М. Алексахин [и др.] // Вестник РАЕН. 2014. № 1. С. 78–85.
10. Хранение картофеля / К.А. Пшеченков [и др.]. М., 2016. 144 с.
11. Abolhasani A., Barzegar M., Sahari M.a. Effect of gamma irradiation on the extraction yield, antioxidant and antityrosinase activities of pistachio green hull extract // Radiation Physics and Chemistry. 2018. V. 144. P. 373–378.
12. Briddon A., Cunnington A.C., McGowan G., Ji na, A.H.J. Duncan. Developments in CIPC application and its effects on processing quality. In: Abstracts of papers and posters // 16th Triennial Meeting of the European Association for Potato Research (Eds. E. Ritter and A. Carrascal). 2005. Paper 89. P. 364–365.
13. Jargis S.V. Hormesis and radiation safety norms // Human & experimental toxicology. 2012. Vol. 31. P. 671–675.
14. Kurbangaleev Y., Konyukhov G., Nizamov R., Velikanov V., Aslanov R. Influence of radiation various doses on food products and feeds // Key Engineering Materials. 2018. 781 KEM. P. 190–194.
15. Thomas P. Radiation preservation of food of plant origin. Part I. Potatoes and other tuber crops // CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 1984. Vol. 19. P. 327–370.

REFERENCES

1. Dospekhov B.A. Methodology of field experiment. 5th edition, reprint and additional. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
2. Ivantsky Yu.A. Radiation hormesis. Are small doses of ionizing radiation favorable? *Bulletin of the DVO RAN*. 2006: 86–91.
3. Codex Alimentarius. Irradiated food / Trans. from English. Moscow; 2007. 24 p.
4. Maltsev S.V., Pshechenkov K.A. Modern storage technology of potato intended for processing into fried products. Potato growing: Materials of scientific and practical conference. Moscow, 2017: 31–320.
5. Maltsev S.V., Pshechenkov K.A., Zeiruk V.N. The influence of chemical and physical exposure methods on potato tubers for various purposes during storage. *Radiation technologies in agriculture and food industry: state and prospects: materials of the International scientific and practical Conference*. Obninsk; 2018: 285–289.
6. Meisel M.N., Chernyaev N.D. Scientific and practical issues of radiation sterilization and pasteurization. *Bulletin of the USSR Academy of Sciences*. 1956; 11: 38–45.
7. Metlitsky L.V., Rogachev V.I., Khrushchev V.G. Radiation treatment of food products. Moscow: Ekonomika; 1967. 160 p.
8. Methodological guidelines for evaluating potato varieties suitability for processing and storage. K.A. Pshechenkov et al. Moscow, 2008. 39 p.
9. Prospects for the use of radiation technologies in the agro-industrial complex of the Russian Federation / R.M. Aleksakhin et al. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2014; 1: 78–85.
10. Potato storage / K.A. Pshechenkov [et al.]. Moscow, 2016. 144 p.
11. Abolhasani A., Barzegar M., Sahari M.a. Effect of gamma irradiation on the extraction yield, antioxidant and antityrosinase activities of pistachio green hull extract. *Radiation Physics and Chemistry*. 2018; 144: 373–378.
12. Briddon A., Cunnington A.C., McGowan G., Ji na, A.H.J. Duncan. Developments in CIPC application and its effects on processing quality. In: Abstracts of papers and posters. 16th Triennial Meeting of the European Association for Potato Research (Eds. E. Ritter and A. Carrascal); 2005; 89: 364–365.
13. Jargis S.V. Hormesis and radiation safety norms. *Human & experimental toxicology*. 2012; 31: 671–675.
14. Kurbangaleev Y., Konyukhov G., Nizamov R., Velikanov V., Aslanov R. Influence of radiation various doses on food products and feeds. *Key Engineering Materials*. 2018; 781 KEM: 190–194.
15. Thomas P. Radiation preservation of food of plant origin. Part I. Potatoes and other tuber crops. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1984; 19: 327–370.

Статья поступила в редакцию 03.03.2022; одобрена после рецензирования 19.04.2022; принята к публикации 29.04.2022.

The article was submitted 03.03.2022; approved after reviewing 19.04.2022; accepted for publication 29.04.2022.