

Эффективность гамма-облучения при хранении продовольственного и предназначенного для переработки картофеля

The effectiveness of gamma irradiation during storage of ware potatoes and potatoes intended for processing

Мальцев С.В., Андрианов С.В., Князева Е.В.,
Тимошина Н.А.

Mal'tsev S.V., Andrianov S.V., Knyazeva E.V., Timoshina N.A.

Аннотация

Abstract

Цель исследований – определить эффективность гамма-облучения картофеля при хранении по показателям лежкости и пригодности к промышленной переработке. Опыты проводили в течение двух сезонов хранения: 2020–2021 и 2021–2022 годов. Облучали картофель с помощью ^{60}Co в ФГБНУ ВНИИРАЭ (Калужская область, г. Обнинск) с использованием оборудования УНУ “Гамма-установка радиационного облучения ГУР-120” (регистрационный номер 2795259). Оценку 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). Исследования включали проведение двух двухфакторных лабораторных опытов – первый на продовольственном картофеле с температурой хранения 6–7 °С, второй – на картофеле, предназначенном для переработки на обжаренные картофелепродукты (фри и хрустящий картофель) с температурой хранения 9–10 °С. Фактор А – сорт картофеля. Варианты: 1) Гранд (среднеспелый), 2) Вымпел (среднеспелый), Гала (среднеранний), 4) Ред Скарлетт (ранний). Фактор Б – доза гамма-облучения. Варианты: 1) контроль (без обработки), 2) 15 Гр, 3) 25 Гр, 4) 50 Гр. Установлено, что гамма-облучение картофеля в послеуборочный период – весьма эффективный прием по сдерживанию прорастания клубней и снижению естественной убыли массы картофеля при длительном хранении. На продовольственном картофеле при температуре хранения 6–7 °С облучение обеспечило снижение общих потерь при хранении на 0,9–2,9%. Наиболее эффективной оказалась доза 15 Гр. На картофеле, предназначенном для промышленной переработки и хранящегося при 9–10 °С, гамма-облучение при 50 Гр способствовало снижению общих потерь на 8,3–17,9%, или в 1,6–1,9 раза в зависимости от сорта. Причем основная часть указанного снижения потерь отмечалась уже при 25 Гр (дальнейшее удвоение дозы до 50 Гр влияло на лежкость в гораздо меньшей степени).

The purpose of the research is to determine the effectiveness of gamma irradiation of potatoes during storage in terms of shelf life and suitability for industrial processing. The experiments were carried out during two storage seasons 2020–2021 and 2021–2022. Potatoes were irradiated with ^{60}Co at the Russian Institute of Radiology and Agroecology (Kaluga region, Obninsk) using the equipment of the UNU “Gamma-ray Irradiation Source GIS-120” (registration number 2795259). The assessment of the keeping quality, biochemical parameters of tubers and the suitability of potatoes for processing was carried out at the experimental base Korenevo Russian Potato Research Centre (Moscow region, city district Lyubertsy). The research included two two-factor laboratory experiments – the first on food potatoes with a storage temperature of 6–7 °C, the second on potatoes intended for processing into fried potato products (fries and crispy potatoes) with a storage temperature of 9–10 °C. Factor A is a potato variety. Variants: 1) Grand (mid-season), 2) Vypel (mid-season); Gala (mid-early), 4) Red Scarlett (early). Factor B is the dose of gamma radiation. Variants: 1) Control (without treatment), 2) 15 Gy, 3) 25 Gy, 4) 50 Gy. It has been established that gamma irradiation of potatoes in the post-harvest period is a very effective method to restrain the germination of tubers and reduce the natural loss of potato mass during long-term storage. On food potatoes at a storage temperature of 6–7 °C, irradiation provided a reduction in total storage losses by 0.9–2.9%. The most effective dose was 15 Gy. On potatoes intended for industrial processing and stored at 9–10 °C, gamma irradiation at 50 Gy contributed to a reduction in total losses by 8.3–17.9% or 1.6–1.9 times, depending on the variety. Moreover, the main part of this reduction in losses was already noted at 25 Gy (further doubling of the dose to 50 Gy affected the shelf life to a much lesser extent).

Key words: potatoes, variety, gamma irradiation, store ability, weight loss, biochemical parameters.

For citing: The effectiveness of gamma irradiation during storage of ware potatoes and potatoes intended for processing. S.V. Mal'tsev, S.V. Andrianov, E.V. Knyazeva, N.A. Timoshina. Potato and vegetables. 2022. No6. Pp. 34-37. <https://doi.org/10.25630/PAV.2022.90.62.006> (In Russ.).

Ключевые слова: картофель, сорт, гамма-облучение, лежкость, убыль массы, биохимические показатели.

Для цитирования: Эффективность гамма-облучения при хранении продовольственного и предназначенного для переработки картофеля / С.В. Мальцев, С.В. Андрианов, Е.В. Князева, Н.А. Тимошина // Картофель и овощи. 2022. №6. С. 34-37. <https://doi.org/10.25630/PAV.2022.90.62.006>

Современная технология хранения картофеля должна обеспечивать минимизацию его потерь при длительном хранении, а применительно к этой культуре, предназначенной для промышленной переработки, еще и соответствие клубней определенным стандартам по биохимическим показателям [1]. Картофель, подходящий для переработки на об-

жаренные картофелепродукты, рекомендуется хранить при температуре 9–10 °С, что позволяет избежать накопления в клубнях редуцирующих сахаров, отрицательно сказывающихся на качестве хрустящего картофеля и фри [2, 3]. В свою очередь, более высокие температуры хранения сопряжены с увеличением потерь. Для решения этой проблемы интерес пред-

ставляет физический метод подавления прорастания клубней на основе использования гамма-облучения [4–6]. В настоящее время радиационная обработка картофеля и других продуктов широко применяется во всем мире и при соблюдении требований Кодекса Алиментариус ухудшения качества продуктов питания после облучения не отмечается [7].

Цель исследований – определить эффективность гамма-облучения картофеля при хранении по показателям лежкости и пригодности к промышленной переработке.

Условия, материалы и методы исследований

Опыты проводили в течение двух сезонов хранения 2020–2021 и 2021–2022 годов. Облучали картофель с помощью ^{60}Co в ФГБНУ ВНИИРАЭ (Калужская область, г. Обнинск) с использованием оборудования УНУ «Гамма-установка радиационного облучения ГУР-120» (регистрационный номер 2795259).

Оценку 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).

Исследования включали проведение двух двухфакторных лабораторных опытов – первый на продовольственном картофеле с температурой хранения 6–7 °С, второй – на картофеле, предназначенном для переработки на обжаренные картофелепродукты (фри и хрустящий картофель) с температурой хранения 9–10 °С. Схема опытов при соответствующих температурах хранения:

Фактор А – сорт картофеля. Варианты: 1) Гранд (среднеспелый), 2) Вымпел (среднеспелый), Гала (среднеранний), 4) Ред Скарлетт (ранний).

Фактор Б – доза гамма-облучения. Варианты: 1) контроль (без обработки), 2) 15 Гр, 3) 25 Гр, 4) 50 Гр.

Определения и учеты проводили по общепринятым ГОСТ (29270–95, 26832–86) и методическим указаниям по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению. Площадь гамма-облучения на установке ГУР-120 составляла 4 м², интенсивность облучения – 7 Гр в час, обработку проводили в сентябре. Для определения потерь картофеля при хранении с сентября по май включительно клубни закладывали в пятикилограммовые сетки в пятикратной повторности. Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [8].

Результаты исследований

Общие потери при хранении картофеля складываются из естественной убыли массы, технического отхода, абсолютной гнили, потерь на ростки. В исследованиях при температурах хранения 6–7 и 9–10 °С уста-

новлено, что гамма-облучение в различных дозах сказывалось на величине общих потерь картофеля, в первую очередь через влияние на ростки и, как следствие, через естественную убыль массы. Потери на технический отход и абсолютную гниль в пределах каждого сорта находились на одинаковом уровне вне зависимости от доз гамма-облучения. Это согласуется с имеющимися литературными данными, по которым влияние на фитопатогенные микроорганизмы проявляется лишь при дозах облучения порядка нескольких кГр, в то время как в наших опытах максимальная доза облучения составляла лишь 50 Гр.

Для достижения эффективно-го подавления прорастания клубней при температуре хранения 6–7 °С достаточно послеуборочного гамма-облучения в дозе 15 Гр (табл. 1). При такой дозе из четырех изученных образцов пророс только один сорт Вымпел, отличающийся коротким периодом естественного покоя. Причем потери на ростки по этому сорту при дозе облучения 15 Гр были минимальными – на уровне 0,1%.

Однако сортовое разнообразие картофеля далеко не ограничивается изученным в наших исследовани-

ях. Кроме того, предшествующие хранению условия вегетации в отдельные годы также могут существенно влиять на продолжительность естественного периода покоя и способствовать более интенсивному прорастанию клубней. Поэтому оптимальные дозы облучения картофеля при температуре хранения 6–7 °С, способствующие, с одной стороны, минимизации энергзатрат и времени на обработку, а с другой, обеспечивающие полное подавление прорастания клубней, находятся в диапазоне 15–25 Гр.

При дозах облучения 25 и тем более 50 Гр картофель изученных сортов при 6–7 °С не прорастал с сентября по май включительно.

Наибольшая величина естественной убыли массы (8,0–8,5% в зависимости от дозы облучения) была отмечена по сорту Вымпел, наименьшая – по сорту Ред Скарлетт (5,5–6,0% в зависимости от дозы). В вариантах с облучением по сравнению с контролем убыль массы была ниже на 0,3–0,5%. Это было обусловлено тем, что при прорастании клубней в контрольных вариантах происходила интенсификация дыхания и биохимических процессов, приводящая к росту убыли массы.

Таблица 1. Потери картофеля при температуре хранения 6–7 °С в сентябре – мае в зависимости от сорта и дозы гамма-облучения, в среднем за 2020–2022 годы

Сорт картофеля	Доза гамма-облучения, Гр	Потери всего, %	В том числе			
			убыль массы, %	технический отход, %	абсолютная гниль, %	ростки, %
Вымпел	Контроль	12,1	8,5	1,1	0,3	2,3
	15 Гр	9,5	8,3	1,0	0,2	0,1
	25 Гр	9,2	8,0	1,1	0,2	0,0
	50 Гр	9,4	8,0	1,1	0,3	0,0
НСР ₀₅		0,7	–	–	–	–
Гранд	Контроль	10,3	8,2	1,2	0,2	0,7
	15 Гр	9,1	7,7	1,3	0,2	0,0
	25 Гр	8,6	7,4	1,0	0,2	0,0
	50 Гр	8,6	7,5	0,9	0,2	0,0
НСР ₀₅		0,6	–	–	–	–
Ред Скарлетт	Контроль	7,9	6,0	0,9	0,1	0,9
	15 Гр	6,1	5,7	0,4	0,1	0,0
	25 Гр	6,3	5,7	0,6	0,1	0,0
	50 Гр	6,0	5,5	0,5	0,1	0,0
НСР ₀₅		0,6	–	–	–	–
Гала	Контроль	9,3	8,3	0,5	0,3	0,3
	15 Гр	8,7	7,9	0,7	0,2	0,0
	25 Гр	8,5	7,7	0,6	0,2	0,0
	50 Гр	8,4	7,7	0,5	0,2	0,0
НСР ₀₅		0,7	–	–	–	–

Таблица 2. Потери картофеля при температуре хранения 9–10 °С в сентябре – мае в зависимости от сорта и дозы гамма-облучения, в среднем за 2020–2022 годы

Сорт картофеля	Доза гамма-облучения, Гр	Потери всего, %	В том числе			
			убыль массы, %	технический отход, %	абсолютная гниль, %	ростки, %
Вымпел	Контроль	39,6	16,8	5,6	2,7	14,6
	15 Гр	34,8	14,4	5,3	2,6	12,6
	25 Гр	25,6	11,8	5,5	2,5	5,9
	50 Гр	22,2	9,3	5,5	2,9	4,5
НСР ₀₅		0,9	–	–	–	–
Гранд	Контроль	38,8	15,5	5,8	3,0	14,6
	15 Гр	33,1	14,5	5,1	3,0	10,5
	25 Гр	26,2	11,5	6,1	3,2	5,5
	50 Гр	20,9	9,4	5,6	3,2	2,7
НСР ₀₅		0,9	–	–	–	–
Ред Скарлетт	Контроль	21,6	10,8	3,7	1,8	5,4
	15 Гр	18,0	9,2	3,6	1,7	3,5
	25 Гр	14,9	8,1	3,6	1,7	1,6
	50 Гр	13,3	7,5	3,7	1,7	0,5
НСР ₀₅		0,7	–	–	–	–
Гала	Контроль	30,4	16,1	3,9	2,0	8,5
	15 Гр	27,5	14,5	4,3	2,3	6,5
	25 Гр	19,0	10,1	4,5	2,3	2,2
	50 Гр	17,1	9,5	4,2	2,2	1,2
НСР ₀₅		0,8	–	–	–	–

Таблица 3. Биохимические показатели клубней при температуре хранения картофеля 9–10 °С в марте в зависимости от сорта и дозы гамма-облучения, в среднем за 2020–2022 годы

Сорт	Доза гамма-облучения, Гр	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Редуцирующие сахара, %	Нитраты, мг/кг	Витамин С, мг%	Белок, %
Ред Скарлетт	Контроль	20,7	15,0	1,1	60,0	9,4	1,2
	15 Гр	20,8	15,1	1,0	64,0	9,9	1,4
	25 Гр	20,6	14,9	0,6	52,0	8,4	0,7
	50 Гр	20,7	15,0	0,6	59,0	8,4	0,8
НСР ₀₅		0,3	0,3	0,1	17,0	1,6	0,4
Гала	Контроль	21,6	15,8	1,0	52,0	9,2	1,4
	15 Гр	21,7	16,1	0,7	48,0	8,8	1,5
	25 Гр	21,6	15,8	0,7	54,0	8,8	1,5
	50 Гр	21,6	15,8	0,6	58,0	9,2	1,2
НСР ₀₅		0,4	0,4	0,1	16,0	1,5	0,4
Вымпел	Контроль	22,2	16,6	1,3	60,0	8,8	1,3
	15 Гр	22,4	16,7	0,8	54,0	7,9	1,5
	25 Гр	22,4	16,7	0,4	62,0	7,2	0,9
	50 Гр	22,5	16,8	0,6	56,0	7,4	1,2
НСР ₀₅		0,4	0,4	0,1	18,0	1,5	0,4
Гранд	Контроль	23,5	17,8	1,0	43,0	11,2	1,8
	15 Гр	23,4	17,6	0,8	40,0	10,7	1,9
	25 Гр	23,5	17,7	0,7	52,0	10,2	1,4
	50 Гр	23,5	17,7	0,5	46,0	10,6	1,5
НСР ₀₅		0,3	0,3	0,1	15,0	1,6	0,4

В целом в зависимости от сорта потери при хранении при температуре 6–7 °С за счет гамма-облучения снижались на 0,9–2,9%.

При температуре хранения 9–10 °С картофель начинал прорастать раньше и значительно более интенсивно, чем при 6–7 °С. В контрольных вариантах потери на ростки составляли от 5,4 до 14,6%, что в 6–7 раз больше по соответствующим сортам, чем при 6–7 °С. Также при повышенной температуре хранения вдвое возрастала и сопряженная с прорастанием величина естественной убыли массы (**табл. 2**).

С увеличением доз облучения в ряду: контроль, 15, 25 и 50 Гр потери на ростки наиболее сильно (в 2–3 раза в зависимости от сорта) уменьшались при переходе от 15 до 25 Гр. Как следствие, естественная убыль массы и общие потери при хранении также наиболее значительно снижались на этом интервале доз. Облучение в дозе 15 Гр по сравнению с контролем и 50 Гр по сравнению с 25 Гр также способствовало снижению потерь на ростки, но в значительно меньшей степени (в 1,2–1,5 раза в зависимости от сорта). В связи с этим можно сделать вывод, что картофель наиболее отзывчив на облучение в дозе 25 Гр, и использование доз выше 50 Гр представляется едва ли целесообразным, т.к. по двум из четырех изученных сортов (Ред Скарлетт и Гала) облучение в дозе 50 Гр обеспечило снижение потерь на ростки соответственно до 0,5 и 1,2% (что уже весьма хороший показатель для температуры хранения 9–10 °С). По сортам Гранд и Вымпел снижение потерь было не столь значительным (до 2,7 и 4,5% соответственно), но, учитывая высокую температуру и продолжительность хранения, эти значения также можно считать приемлемыми.

Общие потери при температуре хранения 9–10 °С при дозе гамма-облучения 50 Гр снижались по сравнению с контролем по сорту Вымпел с 39,6 до 22,2% (на 17,4%); по сорту Гранд – с 38,8 до 20,9% (на 17,9%); по сорту Ред Скарлетт – с 21,6 до 13,3% (на 8,3%); по сорту Гала – с 30,4 до 17,1% (на 13,3%). Таким образом, в среднем по сортам облучение клубней в дозе 50 Гр способствовало снижению величины общих потерь картофеля при длительном хранении при 9–10 °С в 1,6–1,9 раза. При этом какого-либо негативного эффекта при облучении в изученных дозах на пораженность клубней фитопатогенными микроорганизмами не отмечено.

Картофель, предназначенный для переработки на обжаренные картофелепродукты и хранившийся при 9–10 °С, оценивали также по биохимическим показателям – сухое вещество, крахмал, редуцирующие сахара, нитраты, витамин С, белок. Наиболее важный показатель с точки зрения оценки картофеля как сырья для переработки – содержание редуцирующих сахаров. Согласно общепринятым рекомендациям оно не должно превышать 0,3%.

На контрольных вариантах по изученным сортам содержание редуцирующих сахаров составляло 1,0–1,3%. При увеличении дозы облучения до 50 Гр и при подавлении прорастания клубней оно снижалось до 0,5–0,6%. Это позволяло получать хрустящий картофель и фри по показателю цвета, равного 6 баллам, что соответствует минимально приемлемому качеству. Из изученных сортов лучшую оценку по показателю цвета обжаренного картофеля имел сорт Гранд. Из контрольных вариантов конечный про-

дукт уступал по цвету на 2–3 балла и был слишком темным.

Существенного влияния изученных доз гамма-облучения на содержание в клубнях сухого вещества, крахмала, нитратов и витамина С не выявлено. Показатели в большей степени зависели от сорта (табл. 3).

Отмечены незначительные различия по содержанию белка в контроле и при дозах облучения 25 и 50 Гр, что может быть обусловлено угнетением физиологических процессов дыхания и прорастания в клубнях картофеля после облучения.

Выводы

Установлено, что гамма-облучение картофеля в послеуборочный период – весьма эффективный прием по сдерживанию прорастания клубней и снижению естественной убыли массы картофеля при длительном хранении.

На продовольственном картофеле при температуре хранения 6–7 °С облучение обеспечило снижение общих потерь при хранении на 0,9–

2,9%. Наиболее эффективной оказалась доза 15 Гр.

На картофеле, предназначенном для промышленной переработки и хранящегося при 9–10 °С, гамма-облучение при 50 Гр способствовало снижению общих потерь на 8,3–17,9%, или в 1,6–1,9 раза в зависимости от сорта. Причем основная часть указанного снижения потерь отмечалась уже при 25 Гр (дальнейшее удвоение дозы до 50 Гр влияло на лежкость в гораздо меньшей степени).

Существенного влияния изученных доз гамма-облучения на такие биохимические показатели клубней картофеля, как содержание сухого вещества, крахмала, нитратов и витамина С, не выявлено. Однако отмечено двукратное снижение содержания редуцирующих сахаров, что очень важно для картофеля, предназначенного для промышленной переработки. Также выявлено незначительное снижение содержания белка при облучении в дозах 25 и 50 Гр.

Библиографический список

1. Мальцев С.В., Пшеченков К.А. Современная технология хранения картофеля, предназначенного для переработки на обжаренные картофелепродукты // Картофелеводство: материалы науч.-практ. конф. М., 2017. С. 313–320.
2. Пшеченков К.А. и др. Хранение картофеля. М.: Агроспас, 2016. 128 с.
3. Developments in CIPC application and its effects on processing quality / A. Briddon, A. Cunningham, G. McGowan, A. Jina, H. Duncan // 16th Triennial Meeting of the European Association for Potato Research. 2005. Paper 89. Pp. 364–365.
4. Abolhasani A., Barzegar M., Sahari M. Effect of gamma irradiation on the extraction yield, antioxidant and antityrosinase activities of pistachio green hull extract // Radiation Physics and Chemistry. 2018. Vol. 144. Pp. 373–378.
5. Метлицкий Л.В., Рогачев В.И., Хрущев В.Г. Радиационная обработка пищевых продуктов. М.: Экономика, 1967. 160 с.
6. Алексахин Р.М. и др. Перспективы использования радиационных технологий в агропромышленном комплексе Российской Федерации // Вестник РАЕН. 2014. №1. С. 78–85.
7. Кодекс Алиментариус. Облученные продукты питания. М.: Весь Мир, 2007. 24 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Mal'tsev 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. Pp. 313–320 (In Russ.).
2. Pshechenkov K.A. et al. Potato storage. Moscow. 2016. 144 p. (In Russ.).
3. Developments in CIPC application and its effects on processing quality. Abstracts of papers and posters. A. Briddon, A. Cunningham, G. McGowan, A. Jina, H. Duncan. 16th Triennial Meeting of the European Association for Potato Research. 2005. Paper 89. Pp. 364–365.
4. Abolhasani A., Barzegar M., Sahari M. Effect of gamma irradiation on the extraction yield, antioxidant and antityrosinase activities of pistachio green hull extract. Radiation Physics and Chemistry. 2018. Vol. 144. Pp. 373–378.
5. Metlitsky L.V., Rogachev V.I., Khrushchev V.G. Radiation treatment of food products. Moscow. Ekonomika, 1967. 160 p. (In Russ.).
6. Aleksakhin R.M. et al. Prospects for the use of radiation technologies in the agro-industrial complex of the Russian Federation. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2014. No1. Pp. 78–85 (In Russ.).
7. Codex Alimentarius. Irradiated food. Moscow. Ves' Mir. 2007. 24 p. (In Russ.).
8. Dospekhov B.A. Method of field experience (with the basics of statistical processing of research results). 5th edition expanded and revised. Moscow. Agropromizdat. 1985. 351 p. (In Russ.).

Об авторах

Мальцев Станислав Владимирович (ответственный за переписку), доктор с.-х. наук, зав. лабораторией хранения и переработки картофеля. E-mail: stanmalcev@yandex.ru

Андреанов Сергей Владимирович, аспирант, м.н.с. лаборатории хранения и переработки картофеля

Князева Елена Валерьевна, н.с. лаборатории агрохимии и биохимии

Тимошина Наталья Александровна, канд. с.-х. наук, зав. лабораторией агрохимии и биохимии

ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»

Author details

Mal'tsev S.V. (author for correspondence), D.Sci. (Agr.), head of potato storage and processing laboratory. E-mail: stanmalcev@yandex.ru

Andrianov S.V., post-graduate student, junior research fellow of potato storage and processing laboratory

Knyazeva E.V., research fellow of the agrochemistry and biochemistry laboratory

Timoshina N.A., Cand. Sci. (Agr.), head of the agrochemistry and biochemistry laboratory

Russian Potato Research Centre