

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК: 635.21:664.8.047

DOI: 10.26897/2687-1149-2023-4-60-64

**Влияние сублимационной сушки на качественные показатели клубней картофеля****Старовойтов Виктор Иванович**, д-р техн. наук, профессор¹agronir1@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9365-7631>**Жевова Сергей Валентинович**, д-р с.-х. наук, профессор¹zhevoraserg@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7833-1331>**Старовойтова Оксана Анатольевна**, д-р с.-х. наук¹agronir2@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8293-6579>**Семенов Геннадий Вячеславович**, д-р техн. наук, профессор²sgv47@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2320-9985>**Манохина Александра Анатольевна**[✉], д-р с.-х. наук, доцент³alexman80@list.ru[✉]; <https://orcid.org/0000-0002-9785-1164>¹ Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха; 140051, Российская Федерация, Московская область, Люберецкий район, п. Красково, ул. Лорха, 23, литер В² Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ); 125080, Российская Федерация, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11³ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Аннотация. Снижение массы сублимированного картофеля в 4 раза, увеличение срока хранения в десятки раз и устойчивость сублимированного продукта к перепадам температур обуславливает развитие производства сублимированных овощей. С целью изучения качественных показателей клубней картофеля до сублимационной сушки и после нее с помощью стандартных методик проведены исследования отечественных и зарубежных сортов включая сорта с пигментированной мякотью и кожурой. Сублимационная сушка клубней картофеля проводилась в вакуум-сублимационной установке УСС-5 в два этапа: быстрое замораживание пластинок образцов толщиной 2..3 см до -30°C в течение 4 ч и нагрев до $+50^{\circ}\text{C}$ в течение 2,5 ч. Клубни сырого картофеля и сублимированные образцы исследовались на содержание антиоксидантов, фенолов и флавоноидов с использованием стандартных методик. Результаты биохимического анализа показали суммарное содержание спирторастворимых флавоноидов в свежей мякоти картофеля в пересчете на кверцетин 0,08...1,13 мг/г сырой массы, в сублимированных образцах – 0,22...1,46 мг/г сухой массы; суммарное содержание низкомолекулярных антиоксидантов в свежей мякоти от 0,12 до 1,92 мг/г сырой массы, фенольных соединений в сублимированных образцах от 0,55 до 4,63 мг/г сухой массы в эквивалентах галловой кислоты. Исследован уровень поглощения влаги сублимированными ломтиками клубней картофеля. Насыщение влагой пластинок сублимированного картофеля при погружении в воду комнатной температуры наступило в течение 60 мин. Сублимационная сушка не повлияла на содержание антиоксидантов в клубнях картофеля, что позволяет использовать этот метод для создания продуктов здорового питания.

Ключевые слова: картофель, сублимационная сушка клубней картофеля, клубни, содержание антиоксидантов, содержание растворимых фенольных соединений, содержание флавоноидов

Формат цитирования: Старовойтов В.И., Жевова С.В., Старовойтова О.А., Семенов Г.В., Манохина А.А. Влияние сублимационной сушки на качественные показатели клубней картофеля // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 4. С. 60-64. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-4-60-64>.

© Старовойтов В.И., Жевова С.В., Старовойтова О.А., Семенов Г.В., Манохина А.А., 2023

ORIGINAL ARTICLE

Freeze-drying of potato tubers: a study of the qualitative indicators**Viktor I. Starovoitov**, DSc (Eng)¹agronir1@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9365-7631>**Sergey V. Zhevoza**, DSc (Ag)¹zhevoraserg@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7833-1331>

Oksana A. Starovoitova, DSc (Ag)¹

agronir2@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8293-6579>

Gennadiy V. Semenov, DSc (Eng)²

sgv47@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2320-9985>

Aleksandra A. Manokhina³, DSc (Ag)

alexman80@list.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9785-1164>

¹ Russian Potato Research Centre (RPRC), Lorkh Str., 23, liter B, Kraskovo, Lyubertsy district, Moscow region, 140051, Russian Federation

² Russian Biotechnological University (RUSBIOTECH), 11, Volokolamskoe Ave., Moscow, 125080,

³ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, 127434, Russian Federation

Abstract. Freeze-dried vegetable production is intensively developing due to its advantages – a four-time decrease in the weight of supplied freeze-dried potatoes, increased shelf life by dozens of times, and the resistance of freeze-dried products to temperature fluctuations. To study the quality indicators of potato tubers before freeze-drying and after it using standard techniques, the authors analyzed domestic and foreign varieties including those with pigmented flesh and peel. Freeze-drying of potato tubers was carried out in the vacuum-sublimation machine USS-5 in two stages: rapid freezing of 2 to 3 cm thick sample plates to -30°C during 4 h and heating to $+50^{\circ}\text{C}$ during 2.5 h. Raw potato tubers and freeze-dried samples were tested for antioxidant, phenolic and flavonoid content using standard methods. The results of biochemical analysis showed the total content of alcohol-soluble flavonoids in fresh potato pulp in recalculation on quercetin 0.08 to 1.13 mg/g raw weight, in freeze-dried samples – 0.22 to 1.46 mg/g dry weight; total content of low-molecular antioxidants in fresh pulp from 0.12 to 1.92 mg/g raw weight, phenolic compounds in freeze-dried samples from 0.55 to 4.63 mg/g dry weight in gallic acid equivalents. The study also focused on the determination of the moisture absorption level of freeze-dried potato tuber slices. Moisture saturation of freeze-dried potato slices when immersed in room temperature water occurred within 60 min. Freeze drying had no effect on the antioxidant content of the potato tubers. Therefore, this method can be used to produce healthy foods.

Keywords: potatoes, freeze-drying of potato tubers, tubers, antioxidant content, soluble phenolic content, flavonoid content

For citation: Starovoitov V.I., Zhevora S.V., Starovoitova O.A., Semenov G.V., Manokhina A.A. Freeze-drying of potato tubers: a study of the qualitative indicators. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2023;25(4):60-64. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-4-60-64>.

Введение. Перед сельскохозяйственными предприятиями поставлена задача повышения конкурентоспособности отечественных производственных технологий за счет перехода к высокопродуктивному, экологически чистому агропроизводству и использованию биологического потенциала растений для создания безопасных, качественных, в том числе функциональных, продуктов питания из картофеля [1].

В питании человека большое значение имеют антиоксиданты, полифенолы и флавоноиды, содержащиеся в клубнях картофеля, поэтому актуальны исследования, направленные на увеличение качественных показателей [2-5].

Сохранению полезных свойств клубней в процессе их пищевой подготовки способствует сублимационная сушка [2, 6].

В 2021 г. произведено 602,9 т сублимированных продуктов овощей, грибов, ягод и фруктов¹ [7]. По данным американской компании «Mordor Intelligence», мировой рынок сухих сублимированных пищевых продуктов каж-

дый год в среднем возрастает на 7,4%. Овощи составляют 39% мирового рынка сублимированных продуктов².

Сублимационная сушка продуктов уменьшает вес готового продукта на 80% и увеличивает срок годности, по некоторым данным, до 30 лет³ [7, 8]. Вкус, запах и содержание различных питательных веществ сохраняются [3, 4]. Удаление воды сублимацией приводит к созданию высокопористой структуры сублимированных продуктов, которые легко транспортируются на большие расстояния.

Выполненное отечественными специалистами сравнение затрат энергии на хранение и транспортировку сублимированных продуктов показывает, что при продолжительном хранении (несколько месяцев) и перевозке на расстояние более 1000 км сублимированные продукты являются более предпочтительными³.

Антоцианы (пигменты, отвечающие за синий, красный и фиолетовый цвета растений) обладают

² Представление различий между сушкой и сублимационной сушкой. URL: <https://eft-rus.ru/novosti/70-predstavlenie-razlichij-mezhdu-sushkoj-i-sublimateionnoj-sushkoj> (дата обращения: 25.01.2023).

³ Семенов Г.В., Краснова И.С. Сублимационная сушка: Монография. М.: Издательство «ДеЛи», 2021. 326 с. EDN: NVTUIX.

¹ Аналитический отчет DISCOVERY RESEARCH GROUP. Анализ рынка сублимированных продуктов в России. URL: <https://drgroup.ru/2321-analiz-rynka-sublimateirovannyh-produktov-v-rossii.html> (дата обращения: 26.01.2023).

свойствами антиоксидантов^{3,4} [9]. Содержание антоцианов, как правило, коррелирует с их антиоксидантной активностью.

В сортах картофеля диапазон концентрации флавоноидов составляет от 0 до 191 мкг/г сырой массы для рутина, в то время как клубни видов группы Phureja содержат до 3000 мкг/г сухой массы. В передовых селекционных линиях содержится более 430 мкг/г сухой массы флавоноидов. Содержание флавонолов увеличивается в клубнях до 140 мкг/г сырой массы. Это позволяет предположить, что использование определенных методов обработки может быть способом увеличения флавонолов в клубнях [5, 10].

В России происходит активное освоение Арктики и северных регионов, а поставка сублимированных овощей и картофеля поможет решить проблему снабжения отдаленных регионов продовольствием. Это направление необходимо развивать, учитывая большую потребность в картофеле (по нормам питания выше других овощей), снижение веса сублимированного картофеля в 4 раза, увеличение срока хранения в десятки раз и устойчивость сублимированного продукта к морозам.

Цель исследований: изучить качественные показатели свежих клубней картофеля отечественных и зарубежных сортов, включая сорта с пигментированной мякотью и кожурой, и подвергшихся сублимационной сушке.

Материалы и методы. Объектами исследований служили клубни картофеля, имеющие разную пигментированность как кожуры, так и мякоти. Содержание углеводов определялось спектрофотометрическим методом согласно ГОСТ 31669-2012 в лаборатории ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» с помощью стандартных методик. Сублимационная сушка картофеля проводилась на вакуум-сублимационной установке УСС-5 в Российском биотехнологическом университете (РОСБИОТЕХ).

Сорта подбирали по цвету кожуры (белая, бежевая, желтая, синяя, красная) и по цвету мякоти (белая, желтая, синяя, фиолетовая).

Исследовали образцы сырых клубней 13 сортов картофеля. Цвет кожуры у сортов Сирень, Василек и Фиолетовый – синий (фиолетовый); у сортов Юбилей Жукова, Колобок, Удача, Невский, Синеглазка и Велокс – белый (бежевый); у сортов Жигулевский ранний, Колетте и Гала – желтый; у сорта Ред Скарлетт – красный. В свою очередь, у сортов Сирень, Юбилей Жукова, Василек, Удача, Невский, Велокс и Синеглазка мякоть белого цвета; у сортов Жигулевский ранний, Колетте, Колобок, Гала и Ред Скарлетт мякоть желтого цвета (светло-желтая); у сорта Фиолетовый мякоть

клубней – фиолетовая. В исследованиях по сублимации клубней картофеля использовались образцы 3 сортов: Гала, Синеглазка и Фиолетовый.

Методика сублимации проб картофеля включает в себя следующие этапы.

1. Отбор неповрежденных здоровых сортовых клубней картофеля: с белой и цветной кожурой; белой и пигментированной мякотью. Помытые и порезанные на пластинки толщиной 2...3 см образцы клубней картофеля укладывали в лотки лабораторной сублимационной сушилки и устанавливали режим работы.

2. Процесс замораживания включает в себя быстрое замораживание (шоковая заморозка до -30°C) с целью максимального сохранения исходных свойств картофеля. Длительность замораживания составила 4 ч. При температуре -25°C происходит фазовый переход «Лёд-пар».

3. Устанавливали температуру нагрева картофеля $+50^{\circ}\text{C}$. Длительность периода удаления связанной влаги (досушивания) составляла 2,5 ч.

4. Сублимированные образцы укладывали в ёмкость и герметично закрывали во избежание воздействия воздуха, света, влаги и появления посторонних запахов.

Измерение антиоксидантов, фенолов и флавоноидов выполняли в лабораториях «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» с использованием стандартных методик ГОСТ Р 54037-2010, ГОСТ 34798-202. Определение содержания флавоноидов производилось по измерению оптической плотности раствора с помощью спектрофотометра (длина волны – 430 нм) в пересчете на кверцетин. Суммарное содержание антиоксидантов в разных сортах картофеля определяли амперометрическим методом на жидкостном хроматографе ЦветЯуза 01-АА, разработанным для определения суммарного содержания антиоксидантов в пищевых продуктах, алкогольных и безалкогольных напитках, биологически активных добавках (БАД), лекарственных препаратах, экстрактах лекарственных трав [9]. Использовались порции сырья весом по 5 г.

Анализ данных по восстановлению картофеля после сублимации проводили по Незговорову и Соловьёву³. Для этого пластинки сублимированного картофеля сорта Синеглазка погружали в воду комнатной температуры, периодически вынимали и взвешивали через 5, 20, 60, 600, 1000 мин.

Результаты и их обсуждение. Нашими предыдущими исследованиями установлено, что суммарное содержание антиоксидантов в картофеле изменяется в зависимости от сорта в диапазоне 16...192 мг/100 г (стандарт – галловая кислота) [2].

По результатам измерений содержания антиоксидантов были отобраны наиболее контрастные по содержанию антиоксидантов образцы (Гала, Синеглазка, Фиолетовый), проведена их сублимационная

⁴ Сублимационная сушка продуктов питания. САП-проекты. URL: <https://vsap.ru/freeze-drying-food/?nowprocket=1> (дата обращения: 26.01.2023).

сушка (табл. 1). Образцы сублимированного картофеля сохранили форму высушиваемого объекта.

Анализ результатов биохимических исследований антиоксидантной активности сортов картофеля показал суммарное содержание спирторастворимых флавоноидов в пересчете на кверцетин в свежих клубнях: 0,08...1,13 мг/г сырой массы, в сублимированных образцах – 0,22...2,46 мг/г сухой массы. Содержание низкомолекулярных антиоксидантов в свежей мякоти картофеля составило от 0,12 до 1,92 мг/г сырой массы, суммарное содержание фенольных соединений в сублимированных образцах – от 0,55 до 4,63 мг/г сухой массы в эквивалентах галловой кислоты, что соответствует данным зарубежных исследователей [5, 10].

Анализ экспериментальных данных показывает, что содержание фенольных соединений и флавоноидов в сублимированных образцах остается на том же

уровне, что и в свежих образцах картофеля. Преимуществом сублимированных образцов является меньший вес, что позволяет при транспортировке на большие расстояния доставлять в 4 раза больше полезного груза.

Исследование уровня поглощения влаги сублимированными ломтиками клубней картофеля проводилось на сорте Синеглазка. Насыщение влагой пластинок сублимированного картофеля при погружении в воду комнатной температуры произошло в течение 60 мин. Средняя масса образцов сублимированных клубней картофеля составляла $35,40 \pm 0,2$ г (табл. 2).

Развитая капиллярно-пористая структура сухих сублимированных ломтиков клубней картофеля обеспечивает их быструю и достаточно высокую степень регидратации, о чем свидетельствуют данные таблицы 2. Сублимированные клубни после восстановления становятся как изначальные сырые клубни.

Таблица 1

Суммарное содержание растворимых фенольных соединений и флавоноидов в сублимированных (лиофильных) и свежих образцах картофеля

Table 1

Total content of soluble phenolic compounds and flavonoids in sublimated (lyophilized) and fresh potato samples

Сорт, образец <i>Variety, sample</i>	Суммарное содержание растворимых фенольных соединений, мг/г в пересчете на галловую кислоту <i>Total content of soluble phenolic compounds, mg/g in terms of gallic acid</i>	Суммарное содержание флавоноидов, мг/г в пересчете на кверцетин <i>Total content of flavonoids, mg/g in terms of quercetin</i>
Картофель Синеглазка, сублимированный, мг/г сухой массы <i>Sineglazka potatoes, sublimated, mg/g dry weight</i>	0,60±0,18	0,22±0,09
Картофель Синеглазка, свежие клубни, мг/г сырой массы <i>Sineglazka potatoes, fresh tubers, mg/g wet weight</i>	0,16±0,12	0,08±0,02
Картофель Гала, сублимированный, мг/г сухой массы <i>Gala potatoes, sublimated, mg/g dry weight</i>	0,55±0,11	0,48±0,11
Картофель Гала, свежие клубни, мг/г сырой массы <i>Gala potatoes, fresh tubers, mg/g wet weight</i>	0,12±0,02	0,11±0,02
Картофель Фиолетовый, сублимированный, мг/г сухой массы <i>Fioletoviy (Purple) potatoes, sublimated, mg/g dry weight</i>	4,63±0,18	2,46±0,12
Картофель Фиолетовый, свежие клубни, мг/г сырой массы <i>Fioletoviy (Purple) potatoes, fresh tubers, mg/g wet weight</i>	1,92±0,31	1,13±0,12

Таблица 2

Уровень поглощения влаги сублимированными ломтиками клубней картофеля сорта Синеглазка

Table 2

Moisture absorption level of sublimated slices of Sineglazka potato tubers

Время экспозиции, мин <i>Exposure time, min</i>	Средняя масса восстановленных образцов, г <i>Average weight of recovered samples, g</i>	Масса поглощенной влаги, г <i>Mass of absorbed moisture, g</i>	Доля поглощенной влаги, % к общей массе <i>Proportion of absorbed moisture, % of the total mass</i>
0	35,40±0,2	0	0
5	75,2±0,2	39,80±0,2	52,9
20	81,1±0,2	45,7±0,2	56,5
60	82,5±0,2	47,1±0,2	57,1
600	82,6±0,2	47,2±0,2	57,1
1000	82,6±0,2	47,2±0,2	57,1

В настоящее время действует завод А.Н. Мазурина в г. Боровске, а также строятся новые предприятия в Крыму и Краснодарском крае, ориентированные на сублимационную сушку растительного сырья включая картофель и свеклу⁵.

Выводы

1. Сублимированный картофель сохраняет максимум антиоксидантов и не меняет свойства и структуру продукта. После восстановления сублимированный картофель сохраняет свойства исходного продукта. Время восстановления сублимированного картофеля составляет 60 мин.

⁵ Семенов Г.В., Краснова И.С. Сублимационная сушка: Монография. М.: Издательство «ДелЛи», 2021. 326 с. EDN: NVTUIX.

Список использованных источников/ References

1. Старовойтов В.И., Манохина А.А., Старовойтова О.А., Воронов Н.В., Воронова Г.С. Аминокислоты и полифруктаны топинамбура – источник для создания функциональных продуктов питания // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург – Пушкин, 25-27 мая 2022 г. Санкт-Петербург: СПГА, 2022. С. 231-234. EDN: WSUWLE

Starovoitov V.I., Manokhina A.A., Starovoitova O.A., Voronov N.V., Voronova G.S. Amino acids and polyfructans of Jerusalem artichoke as a source of functional foods. *Nauchnoye obespechenie razvitiya APK v usloviyakh importozameshcheniya (Scientific support for the development of the agro-industrial sector in the context of import substitution): Collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference St. Petersburg-Pushkin, May 25-27, 2022. St. Petersburg, SPGA, 2022:231-234. (In Rus.)*

2. Le S.H., Oh S.H. et al. Antioxidant contents and antioxidant activity of white and colored potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Prevent. Nutr. Food Sci.* 2016;21(2):110-116. <http://dx.doi.org/10.3746/pnf.2016.21.2.110>

3. Wang Q., Chen Q., He M., Mir P., Su J., Yang Q. Inhibitory effect of antioxidant extracts from various potatoes on the proliferation of human colon and liver cancer cells. *Nutrition and Cancer.* 2011;63(7):1044-1052. <http://dx.doi.org/10.1080/01635581.2011.597538>

4. Lewis C.E., Walker J.R.L., Lancaster J.E., Sutton K.H. Determination of anthocyanins, flavonoids and phenolic acid in potatoes. *Colored cultivars of Solanum tuberosum L.J. Sci Food Agric.* 1998;77(1):45-57. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199805\)77:1%3C45::AID-JSFA1%3E3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199805)77:1%3C45::AID-JSFA1%3E3.0.CO;2-S).

Вклад авторов:

В.И. Старовойтов – концептуализация, методология, верификация данных, формальный анализ, проведение исследования, ресурсы, администрирование данных, создание черновика рукописи, создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование, визуализация. С.В. Жевора – концептуализация, методология, ресурсы, руководство исследованием, создание черновика рукописи; О.А. Старовойтова – программное обеспечение, формальный анализ, проведение исследования, создание черновика рукописи, создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование, визуализация; Г.В. Семенов – проведение исследования, ресурсы; А.А. Манохина – формальный анализ, проведение исследования, создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат.

Статья поступила в редакцию 06.03.2023; поступила после рецензирования и доработки 02.05.2023; принята к публикации 12.05.2023

2. Результаты биохимического анализа показали суммарное содержание спирторастворимых флавоноидов: в пересчете на кверцетин в свежих клубнях 0,08...1,13 мг/г сырой массы, в сублимированных образцах – 0,22...2,46 мг/г сухой массы. Содержание низкомолекулярных антиоксидантов в свежей мякоти картофеля составило от 0,12 до 1,92 мг/г сырой массы, суммарное содержание фенольных соединений в сублимированных образцах – от 0,55 до 4,63 мг/г сухой массы в эквивалентах галловой кислоты.

3. Сублимационная сушка клубней картофеля может решить проблему снабжения отдаленных регионов продовольствием.

5. Furrer A.N., Chegeni M., Ferruzzi M.G. Impact of potato processing on nutrients, phytochemical and human health. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2018;58(1):146-168. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1139542>

6. Albishi T., John J.A., Al-Khalifa A.S., Shahidi F. Phenolic content and antioxidant activities of selected potato varieties and their processing by-products. *J. Funct. Foods.* 2013;5(2):590-600. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2012.11.019>

7. Andre C.M., Ghislain M., Bertin P., Oufir M., Herrera M.D.R., Hoffmann L., Hausman J. – F., Larondelle Y., Evers D. Andean potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) as a source of antioxidant and mineral micronutrients. *J. Agricultural and Food Chemistry.* 2007;55(2):366-378. <https://doi.org/10.1021/jf062740i>

8. Lovat C., Nassar A.M.K., Kubow S. et al. Metabolic biosynthesis of potato (*Solanum tuberosum* L.) antioxidants and implications for human health. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2016;56(14):2278-2303. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.830208>

9. Яшин А.Я., Яшин Я.И. Прибор для определения антиоксидантной активности растительных лекарственных экстрактов и напитков // Международная информационная система по резонансным технологиям. 2004. № 34-2-1. С. 10-14. URL: <https://www.ikar.udm.ru/sb/sb34-2-1.htm>

Yashin A.Ya., Yashin Ya.I. Device for determining the antioxidant activity of herbal medicinal extracts and drinks. *International Resonance Technology Information System.* 2004;34-2-1:10-14. URL: <https://www.ikar.udm.ru/sb/sb34-2-1.htm> (In Rus.)

10. Grudzinska M., Czerko Z., Zarzynska K., Borowska-Komenda M. Bioactive compounds in potato tubers: effects of farming system, cooking method and flesh color. *Plos One.* 2016;11(5):e0153980. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153980>

Contribution of the authors

V.I. Starovoitov – conceptualisation, methodology, data verification, formal analysis, study conduct, resources, data administration, manuscript drafting, revision and editing of the final manuscript, visualisation; S.V. Zhevora – conceptualisation, methodology, resources, research supervision, manuscript drafting; O.A. Starovoitova – software, formal analysis, conducting research, original manuscript drafting, revision and editing of the final manuscript, visualization; G.V. Semenov – research, resources; A.A. Manokhina – formal analysis, conducting research, revision and editing of the final manuscript.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article and bear equal responsibility for plagiarism.

Received 06.03.2023; revised 02.05.2023; accepted 12.05.2023